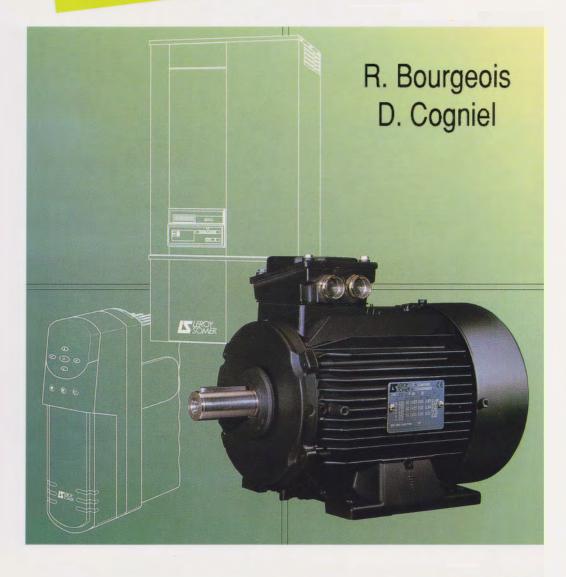
# THE STATE OF THE S



La référence du technicien



### TABLE DES MATIÈRES CHAPITRES PAGES LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE ..... 1. 9 SYMBOLES ET CONVENTIONS Les symboles électriques ..... 13 Les symboles pneumatiques et hydrauliques..... 40 Les opérateurs logiques 46 50 Les symboles et conventions pour les organigrammes..... PRÉVENTIONS DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES 3. Accidents d'origine électrique : nature et importance ..... 55 60 Mesures pratiques de protection..... Sécurité du personnel 65 SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE Étude des schémas des liaisons à la terre et les risques encourus ...... 95 Défauts d'isolement et protection des personnes..... 96 Incidence des SLT sur la protection des personnes et des biens. Continuité de service ...... 102 4.4. 112 Exemples d'application..... 4.5. Choix d'un schéma des liaisons à la terre 119 CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES INDICES DE PROTECTION Définition des influences externes..... 123 124 5.2. Définition des indices de protection.... Classification des locaux selon les influences externes – indice de protection minimum ..... 125 LES CONDUCTEURS - LES CÂBLES - LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES 6. Détermination des sections des conducteurs.... 129 6.2. Câbles et conducteurs ..... 161 6.3. Conduits..... 163 64 Goulottes ..... 167 168 6.5 Chemin de câbles 6.6. Canalisations enterrées. 170 171 6.7. Canalisations préfabriquées ..... Exemple de choix d'une canalisation électrique..... 173 7. L'ÉCLAIRAGE 7.1. Démarche de détermination d'un avant-projet d'éclairage ...... 175 7.2. Renseignements nécessaires à l'établissement d'un avant-projet d'éclairage..... 176 7.3. Choix des sources lumineuses 184 7.4. Les techniques et les matériels d'éclairage 185 7.5. Avant-projet d'éclairage..... 192 8. LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE Démarche simplifiée de détermination d'un avant-projet de chauffage intégré..... 197 Informations sur les éléments chauffants utilisés en chauffage électrique intégré haute isolation... 198 8.3. Les câbles électrique chauffants..... 200 Éléments permettant de vérifier les calculs d'un avant-project de chauffage..... 203

Définition des climats

Caractéristiques des matériaux isolants thermiques.....

Aération générale (réglementation)

Exemple d'une maison en zone froide....

Schémas et repérage des circuits permettant d'effectuer les raccordements..... La régulation en chauffage électrique intégré haute isolation ..... 205

208

210

212

213

216

84

8.5

8.6.

8.7.

88

89

8.10.

APITRES	
	8.11. Éléments chauffants utilisés en CEIH (Procédés de chauffage)
	8.12. Les pompes à chaleur
	8.13. Exemple d'étude thermique (pavillon)
	8.14. Abaque de consommations annuelles
	8.15. Lexique
	8.16. Production du froid en climatisation
9.	ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIARE
<b>,</b> .	9.1. La distribution publique BT
	9.2. Règles d'installations électriques domestiques
	9.3. Canalisations sous conduits encastrés
	9.4. Canalisations sous conduits apparents
	9.5. Schémas de principe d'une installation
	9.6. Les conducteurs de protections (PE)
	9.7. Le conducteur neutre
	9.8. Les prises de terre
	9.9. Équipement électrique d'une salle d'eau
	9.10. Protection des installations électriques contre la foudre
	9.11. Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique
	9.12. Montages lumières
	9.13. Exemple d'installation électrique domestique
10.	SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS
	10.1. De la conception à la maintenance
	10.2. Spécificités d'un établissement
	10.3. Éclairage de sécurité
	10.4. Sécurité incendie
	10.5. Dispositifs de coupure
	10.6. Alarmes techniques. La surveillance technique d'un bâtiment
	10.7. Les mots clefs de la sécurité
	10.8. Normes relatives aux installations de sécurité
	10.9. Sécurité intrusion
	10.10. Détection, commande et transmission
	10.11. Alimentations secourues – FIltres et conditionneur de réseau
	10.12. Alimentation sans interruption (ASI)
11.	LES MOTEURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS
	11.1. Les moteurs asynchrones
	11.1.1. Démarche de détermination d'un moteur asynchrone
	11.1.2. Machine entraînée
	11.1.3. Environnement
	11.1.4. Caractéristiques électriques
	11.1.5. Détermination de la puissance nominale d'un moteur
	11.1.6. Conditions de démarrage
	11.1.7. Choix du démarreur
	11.1.8. Démarrage et freinage des moteurs asynchrones
	11.1.9. Détermination des démarreurs (calculs approchés)
	11.1.10. Protection thermique des moteurs asynchrones
	11.1.11. Fonctionnement en service intermittent
	11.1.12. Choix des moteurs
	11.1.13. Exemple de choix d'un moteur et de son mode de démarage
	11.2. Les moteurs à courant continu
	11.2.1. Démarche de détermination d'un moteur à courant continu
	11.2.2. Possibilités d'adaptation des moteurs à courant continu
	11.2.3. Machine entraînée
	11.2.4. Environnement
	11.2.5. Paramètres électriques
	11.2.6. Conditions d'utilisation

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
	11.2.7. Repérage des circuits internes d'un moteur à courant continu	381
	11.2.8. Guide de choix des moteurs à courant continu	382
	11.2.9. Caractéristiques des moteurs à courant continu type LSK	383
	11.2.10. Abaques de sélection des moteurs à courant continu type LSK	384
	11.2.11. Choix de la motoventillation pour moteurs à courant continu type LSK	384 385
	11.2.12. Conditions particulières de protection	385
	11.3. Moteurs synchrones à aimants (sans balai) Brushless	386
	11.3.1. Concept des servomoteurs Brushless	386
	11.3.2. Paramètres techniques	387
	11.3.3. Guide de choix des moteurs sans balais (Brushless)	388
	11.3.4. Caractéristiques des moteurs	389
	11.3.5. Abaques de résolution des moteurs sans balais type LS	390
	11.3.6. Exemple de choix de moteur	390
40	LEG CONVERTIGATION OTATIONES	
12.	LES CONVERTISSEURS STATIQUES	
	12.1. Identification du convertisseur dans les équipements d'automatismes	391
	12.2. Eléments à prendre en compte pour choisir un convertisseur statique	391
	12.3. Guide de choix des convertisseurs statiques	398 400
	12.4. Schéma de branchement des convertisseurs statiques	400
13.	LES MICROMOTEURS	
	13.1. Guide de choix des micromoteurs	407
	13.2. Guide de choix du réducteur	408
	13.3. Détermination des micromoteurs	408
	13.3.1. Moteur PAS A PAS	408
	13.3.2. Moteur à courant continu	411
	13.3.3. Moteur asynchrone	412
	13.3.4. Moteur synchrone	413
14.	LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES	
	14.1. Structure générale d'une installation	415
	14.2. Démarche de détermination d'un vérin pneumatique	417
	14.3. Les distributeurs et les électrovannes	426
	14.4. Guide de choix d'un détecteur	433
	14.5. Exemple montrant l'exploitation des éléments à prendre en compte pour vérifier le comportement des composants pneumatiques	435
	14.6. Schémas et repérages des circuits permettant d'éffectuer les raccordements	437
	14.7. Les vérins électriques	439
15	LES VÉRINS HYDRAULIQUES	
15.		440
	15.1. Informations sur les composants hydrauliques	443
	15.2. Les vérins hydrauliques (type HY/CUM)	446 448
	15.3. Les vérins hydrauliques (type CBDH)	440
16.	DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT	
	16.1. Principales architectures de la distribution BT	449
	16.2. La continuité de l'énergie électrique	450
	16.3. Évaluation et justification de la puissance d'une installation BT	451
	16.4. Exemple d'estimation de la puissance installée d'un atelier de fabrications mécaniques	452
	16.5. Réseau de distribution de deuxième catégorie	453
	16.6. Démarche de détermination des caractéristiques d'un poste de livraison	454
	16.7. Poste de livraison à comptage BT	455
	16.8. Choix de la cellule de protection du transformateur	456
	16.9. Poste de livraison à comptage HT	457
	16.10. Les postes HT/BT	458

CHAPITRES		PAGES
17.	LES TRANSFORMATEURS	
	17.1. Éléments à prendre en compte pour choisir un transformateur d'abonné	463
	17.2. Couplage des transformateurs	468
	17.3. Installation des transformateurs HT/BT (sécurité)	469
	17.4. Installation des transformateurs HT/BT (bruits)	470
	17.5. Protection des transformateurs HT/BT	470
	17.6. Questions sur les transformateurs BT	471
	17.7. Détermination approchée de la puissance d'un transformateur d'équipement	473 475
	17.9. Guide de choix d'un transformateur	475
	17.10. Remargues relatives au branchement des machines-outils	484
18.	LES COFFRETS – LES ARMOIRES ET LES PUPITRES	
	18.1. Démarche de détermination d'un coffret, d'une armoire ou d'un pupitre	485
	18.2. Guide de choix d'une enveloppe de protection	486
	18.3. Surfaces d'encombrement S <sub>e</sub> et hauteur d'encombrement H <sub>e</sub>	488
	18.4. Propriétés des enveloppes	488
	18.5. Choix de la climatisation pour les enveloppes	490
	18.6. Exemple	492
19.	LES RÉSEAUX DE TERRAIN. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)	
19.	19.1. Communication et protocole	493
	19.2. Les réseaux informatiques	493
	19.3. Les architectures d'automatismes	496
	19.4. Les bus et les réseaux de terrain en automatisme industriel	497
	19.5. Les liaisons asynchrones	501
	19.6. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)	503
	19.7. Lexique de la VDI	506
00	ÉQUIDENTA ET INOTALI ATIONO DE EN MILIEU INDUCEDIE	
20.	ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL	
	20.1. Règles gènèrales	507
	20.2. Les sectionneurs à fusibles	513 514
	20.4. Les fusibles	514
	20.5. Les contacteurs	525
	20.6. La protection contre les courts-circuits et les surcharges	535
	20.7. Le relais de protection thermique	536
	20.8. Le relais de protection magnétique	537
	20.9. Le relais de protection multifonction	538
	20.10. Les appareils intégrés	540
	20.11. Démarreur-Contrôleur	541
	20.12. Les disjoncteurs.	542
	20.13. La protection différentielle	550
	20.14. Les interrupteurs.	552
	20.15. Les détecteurs	554 562
	20.17. Les contacteurs auxiliaires	563
	20.18. Les automates programmables industriels (API)	565
	20.19. Les modules logiques de securité	572
	20.20. Sélectivité et coordination	576
04	LA GESTION DE UÉNEDOIE ÉLECTRIQUE	
21.	LA GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE	E70
	21.1. La tarification	579 570
	21.2. Guide de choix d'un mode de tarification	579 580
	21.4. Éléments permettant la vérification du choix d'une version tarifaire EDF	581
	portional to roundation as shown a unit follows the finance Edit	

# 

ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE

22 2 5

22.2.6.

23

24.

25.

26

**ANNEXES** 

Représentation graphique des éléments.....

Représentation graphique des structures de séquence .....

Exemple : doseur malaxeur automatique .....

Le Gemma.....

22.2.4. Structuration .....

23.1. Les circuits intégrés logiques (C.I.L) .....

23.2. Attaques des entrées et des sorties des circuits intégrés logiques......

PAGES 588

592

593

594

594

600

605 608

612

616

617 620

# 1. LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE

	Travail	For	00	Déplac	cement		
	W	= F		(	d	Déplacement dans le sens de la force	
	joule	new	ton	mě	etre		
	Travail Force Déplacement Cos. Angle						
	W =	F	d	C	os. α	Déplacement suivant un angle α pa	
	joule nev	wton	mètre	COS	s. degrés	rapport à la force	
TRAVAIL – ÉNERGIE	Travail	Moment	-Force	Rota	ation		
	W	= M	1		θ	Travail au cours d'une rotation	
	joule	newton-me	ètre	rad	lian		
	Moment-Force	For	oe e	Ra	yon	Moment d'une force par rapport à so	
	W	= F			r	axe de rotation	
	newton-mètre	new	ton	mè	etre		
	Duigoppo			Travail			
	Puissance	,		Temps			
DUICO ANOT MÉGANIQUE	P	=		W		Travail fourni per accondo	
PUISSANCE MÉCANIQUE				t		Travail fourni par seconde	
				joule			
	watt			seconde			
	Charry			Quant.	d'élec.		
	Champ			Sur	face		
CHAMP ÉLECTRIQUE	_	1		(	2	Champ uniforme	
CHAMP ÉLECTRIQUE	E	= -	$\frac{1}{\varepsilon_0}$ $\frac{Q}{S}$		5		
			coulo		omb	Constante $\varepsilon_{o}$ :	
	volt/mètre				carré	permittivité du vide : 8,85 . 10 <sup>-12</sup>	
	Travail Ten		nsion Quant. d'élec.		d'élec.	Travail de la force électrique applique	
TRAVAIL DE LA FORCE ÉLECTRIQUE	$W = V_i$		AB Q		2	à une charge Q passant d'un point A	
ELECTRIQUE	joule v		volt coulomb		omb	un point B	
	Champ	Poter	ntiel	Pote	entiel		
	Champ	Distance					
CHAMP ET POTENTIEL	$V_{\rm A} - V_{\rm B}$					Le champ se déduit du potentiel	
CHAMP ET POTENTIEL	E	=	AB			Le champ se deduit du potentier	
	volt/mètre	volt			olt		
	volumetre		mè	ètre			
CONDENSATEURS :	Charge	Capa	cité	Ten	sion		
CHARGE	Q	= C		- (	J	C: capacité ou facteur de proportionnali	
	coulomb	fara	ad	V	olt		
	Capacité		× .	8	Surface		
	Capacite			D	istance		
CAPACITÉ	$C = \varepsilon_0 \qquad \varepsilon_r$				S	$\varepsilon_{\rm r}$ : permittivité relative ou constant	
OAL AGITE		-0	-1		d	diélectrique du milieu isolant	
	farad				tre carré		
			_		mètre		
COUPLAGE PARALLÈLE	C =	C1 +			C <sub>3</sub>		
COUPLAGE EN SÉRIE	$\frac{1}{C}$ =	1 +	$\frac{1}{C_2}$	+	$\frac{1}{C_3}$		
	C	4	6		03		
	Intensité			Charge			
				Temps		L'ampère est l'intensité d'un coura	
INTENSITÉ DU COURANT	1	=		$\frac{Q}{t}$		constant qui transporte 1 coulomb pa	
						1 ampère heure = 3 600 coulombs	
	ampère			coulomb	ampero neare – e ede dedicinios		
		-		seconde	***		
ÉNERGIE ABSORBÉE	Energie	Tens			arge	L'énergie absorbée par un récepteur e	
PAR UN RÉCEPTEUR		= <i>U</i>		_	2	le travail des forces de coulomb	
TAR UN RECEPTEUR	joule				omb	io liavali des loices de couloiilo	

PUISSANCE ABSORBÉE	Puissance	Ter	nsion	Intensité			
PAR UN RÉCEPTEUR	P	= (	U	- 1			
PAN ON NEGET TEON	watt	V	rolt	ampère			
	Tension	Résis	stance	Intensité	Cette formule ne s'applique qu'au		
LOI D'OHM	U	= /	R	1	conducteurs passifs		
	volt	O	hm	ampère			
	Résistance	Ráci	istivité	Longueur			
RÉSISTANCE	nesisiane	nesi	Stivite	Surface			
	R	= (	Q	LS	ρ : caractérise un matériau		
	ohm	ohm.	mètre	mètre mètre carré			
	Résistance   R	lésistance	Coef, temp.	Température	Ro: résistance du matériau à zéro degr		
	R =		1 + a	t)	a : coefficient de température		
	ohm	ohm	, , u	degré	a comment as temperature		
COUPLAGE EN SÉRIE	R <sub>e</sub> =		+ R <sub>2</sub>	+ R <sub>3</sub>	R <sub>e</sub> : résistance équivalente		
		_	1	1			
COUPLAGE EN PARALLÈLE	$\frac{1}{R_{\Theta}}$ =	$\frac{1}{R_1}$	+ <del>R</del> 2	+ <del>/</del> R <sub>3</sub>			
	Conductance Co	nductance	Conductance	e Conductance	G: conductance = $\frac{1}{R}$		
ou	$G_{e} =$		+ G <sub>2</sub>	+ G <sub>3</sub>			
	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens			
	R <sub>e</sub>	:	=	n résistances $r$ identiques en parallèle			
	Re			7 <sub>1</sub> H <sub>2</sub> 1 + H <sub>2</sub>	Deux résistances en parallèle		
	Tension	f.é.m.	Résistance	Intensité			
GÉNÉRATEUR	U =	E .	- <i>r</i>	1	E : force électromotrice à vide		
	volt	volt	ohm	ampère	2 1 10100 010011011101100 0 1100		
		f.c.é.m.	Résistance	Intensité			
RÉCEPTEUR	U =		+ /	1	E' : force contre-électromotrice		
	volt	volt	ohm	ampère			
	U =		$nE_1 - ln$		En série		
COUPLAGE DES GÉNÉRATEURS ÉQUIVALENTS	U =		$E_1 - I \frac{r_1}{n}$		En parallèle		
	Energie R	ésistance	Intensité	Temps			
	W =	R	12	t	W : énergie calorifique		
	joule	ohm	amp. carré	seconde	g.		
	Puissance		stance	Intensité			
EFFET JOULE			R	/2	P: puissance calorifique		
	watt	_	hm	amp. carré	, parocarios saroringas		
			JI =	$\frac{U^2}{R}$			
	Force		Vitesse	Induction			
FORCE DE LA PLACE	F =	а	V	B			
TORIOL DE LA FLACE		coulomb	mètre/sec.	tesla			
		nduction	Surface	cos. angle	$\alpha$ : angle que fait le vecteur induction $E$		
FLUX MAGNÉTIQUE	Φ =	B	S	cos. a	avec la normale à la surface S		
TEON MAGNETIQUE	Ψ = wéber	testa	mètre-carré	cos. degré	and a manage of		
	Force magnétomotice		spires	Intensité	L'unité de la force magnétomotrice es		
			V	Interiore	l'ampère mais on la désigne souvent pa		
	ampère-tour	_	ires	ampère	l'ampère-tour		
				agnétomotrice			
CHAMP MAGNÉTIQUE	Excitation magn	étique		ngueur			
DES COURANTS			LO	F			
	Н	-	=	<del></del>			
			gmn	père-tour			

	Induction	Dorm	éabilité   E	xci, Magnétique	D industion done to vide	
		1		H H	$B_0$ = induction dans le vide $\mu_0$ = perméabilité dans le vide	
CHAMP MAGNÉTIQUE	tesla	P	40	amp. tour/mètre		
DES COURANTS			u	B <sub>o</sub>	$= 4 \pi \cdot 10^{-7} \approx \frac{1}{800\ 000}$	
				H	$\mu$ = perméabilité relative du matériau	
		- 67	μ noité I Langu			
LOUDELA DI ACE	Force Induct	1000	nsité Longu		L'intensité est maximum lorsque le	
LOI DE LA PLACE		_	I L	sin α	courant et l'induction font un angle de 90	
	newton tests		père mét			
TRAVAIL DES FORCES	Travail		ux	Intensité		
ÉLECTROMAGNÉTIQUES		_	Þ	.1		
	joule		ber	ampère		
		nduction	Longueur	Vitesse		
F.E.M. INDUITE	E =	В	L	V		
	volt	tesla	mètre	mètre/sec.		
EN GRANDEUR ET EN SIGNE		E = -	$\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$		$\Delta \varphi$ : variation du flux	
				7	Δ t: variation du temps	
INDUCTANCE	Flux		tance	Intensité		
SANS FER	_	_	L	- I	L: unité d'inductance	
	wéber	he	nry	ampère	54	
F.E.M. D'AUTO-INDUCTION	e :		L	di dt		
5 70.0 11014				dt		
ÉTABLISSEMENT DU COURANT		τ=	LR		au : constante de temps du phénomène	
CONDENSATEUR	Const. de temps	Résis	stance	Capacitance		
CHARGE			7	C		
3.5.5.5	seconde	_	ım	farad		
	Energie	U	Capacité	Tension		
ÉNERGIE DU CHAMP ÉLECTRIQUE	500000000000000000000000000000000000000	1	С	U <sup>2</sup>	É	
ENERGIE DO CHAMP ELECTRIQUE	ioule	2	farad	volt	Énergie mise en réserve dans le condensateur	
	Pulsation		Ididu	Fréquence	Condensateur	
BUIL SATION BUIN COURANT	1,000,000,000	0				
PULSATION D'UN COURANT	ω = radian/sec.	2	π	f hertz		
	radian/sec.		_	Hertz		
	Fréquence		D,	eriode		
					Réseau distribué par EDF : f = 50 Hz	
FRÉQUENCE	f	=		$\frac{1}{T}$	$T=\frac{1}{f}$	
				,	,	
	hertz			essed a		
	Diseases I a	Country -		conde		
PUISSANCE MONOPHASÉE :		ension	Intensité		19	
PUISSANCE ACTIVE	P =	U	- America	cos φ	S = Ul	
	watt	volt	ampère		S = 0	
		ension	Intensité		9	
PUISSANCE RÉACTIVE	Q =	U	1	sin $\phi$	~	
	var	volt	ampère	10.00	$P = UI \cos \varphi$	
Water to the State of the State	Puissance		sion	Intensité	$\cos \varphi$ : facteur de puissance	
PUISSANCE APPARENTE		= L		1	Q: en voltampère réactif	
	voltampère	VC		ampère	$\tan \varphi = \frac{Q}{P}, \cos \varphi = \frac{P}{S}, \sin \varphi = \frac{Q}{S}$	
		= VP2			r 3 3	
	Tension		dance	Intensité		
	U :	= 2		1		
CIRCUIT IMPÉDANT	volt	oh		ampère		
OHIOOH IMI EDAN	Tension Inc	ductance	Pulsation	Intensité		
	U =	L	ω	1		
	volt	henry	radian/sec.	ampère		
	Impédance	Résis	tance	Réactance		
	-		$\sqrt{R^2+2}$	10000000		
IMPÉDANCE			VPC	Y &		

		Tension						
	Impédance	Intensité	Capacité	Pulsation	Le condensateur est un générateur d			
CIRCUIT CAPACITIF	Z =	= U	= -	<u>1</u> C ω	puissance réactive			
PUR	ohm	volt	-	radian/sec.	avec $R = 0$ et $X = -\frac{1}{C \omega}$			
	12	ampère	farad		Cω			
	$S = \frac{\int_{C}^{2} \omega}{C \omega}$	P:		$Q = \frac{I^2}{C  \omega}$				
	Impédance	Résistance	Inductance Pulsation	Capacité Pulsation	R Lω			
INDUCTANCE, CAPACITÉ ET RÉSISTANCE EN SÉRIE	Z	$Z = \sqrt{R^2 + \left(R^2 + \frac{1}{2}\right)^2}$	$L\omega - \frac{1}{C\omega}$		$Z$ $\frac{1}{C\omega}$			
	ohm	ohm	radian/sec.	farad radian/sec.	Le courant est intense, la tension est tre grande (résonance pour un montag			
CIRCUIT EN RÉSONANCE	1	Lca	$p^2 = 1$		série)			
INDUCTANCE, CAPACITÉ ET RÉSISTANCE EN PARALLÈLE	1=	$U\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2}$	1 - 0	$\omega$ <sup>2</sup>				
ET RESISTANCE EN PARALLELE					Le courant est nul quelle que soit la te			
CIRCUIT BOUCHON		$\frac{1}{L\omega}$	$= C \omega$		sion <i>U</i> (résonance pour montage parallèle)			
PUISSANCE TRIPHASÉE	Puissance	Tension	Intensité		9			
PUISSANCE ACTIVE	P =		1	₹ cos φ	- I is			
	watt	volt	ampère		8 = UI V3			
PUISSANCE RÉACTIVE	Puissance	Tension	Intensité	~ .	S = 5			
PUISSANCE REACTIVE	Q =	volt	- I	₹ sin φ	) 0			
	var Puissance	Tension	ampère Intensité		$P = UI\sqrt{3}\cos\theta \varphi \qquad \bigcirc$			
PUISSANCE APPARENTE	S =		I III I I I I I I I I I I I I I I I I	3	Ces trois formules sont valables quel qu			
TOOOANGE ATTAILENTE	voltampère	volt	ampère	10	soit le couplage du récepteur			
-	Couple	Coefficient	Flux	Intensité	D N			
	M =		Φ	1	$K = \frac{P}{a} \frac{N}{2\pi}$			
	newton-mètre		wéber	ampère	N: nombre de conducteurs actifs			
	F.E.M.	Coefficient	Flux	Vitesse				
MACHINE	E =	K	Φ	Ω				
À COURANT CONTINU	volt		wéber	radian/sec.				
	F.E.M.	Conducteur	Vitesse	Flux				
	E =	: N	n	Ф				
	volt		tour/seconde	wéber	p : nombre de paires de pôles			
		$E=\frac{1}{2\pi}$	$\frac{p}{a} N \Phi \Omega$	a : nombre de paires de voies d'enrou lement				
	F.E.M.	Fréquence	Spires	Flux	K: coefficient de Kapp = K <sub>1</sub> K <sub>2</sub> ≈ 2,22			
MACHINE À COURANT ALTERNATIF	E =	Kf	N	Φ	K <sub>1</sub> : facteur de forme			
A COORAGE ALTERINATIO	volt	coef. hertz		wéber	K <sub>2</sub> : facteur de bobinage			
	F.E.M.		Fréquence Ind		N <sub>1</sub> : nombre de spires au primaire			
TRANSFORMATEUR	E = 4,4	4 N		B <sub>m</sub> S esla m <sup>2</sup>	N <sub>2</sub> : nombre de spires au secondaire			
	volt		hertz t	U <sub>1</sub> : tension primaire				
RAPPORT DE TRANSFORMATION		$m = \frac{U_2}{U_1}$	$\frac{2}{N_1} = \frac{N_2}{N_1}$		U <sub>2</sub> : tension secondaire			
	Vitesse		Glissement	Vitesse	g: glissement			
MOTEUR ASYNCHRONE	Ω =	(1	- g)	$\Omega_{\mathrm{S}}$	$\Omega_{ m s}$ : vitesse de synchronisme			
	radian/sec.			radian/sec.	$\Omega$ : vitesse de rotation			
			$g \Omega_{\rm S}$		$\Omega_{ m b}$ : vitesse de glissement			
		$g = \frac{\Omega_{\rm S} - \Omega_{\rm S}}{\Omega_{\rm S}}$	$\frac{\Omega}{\Omega_{\rm S}} = 1 - \frac{\Omega}{\Omega_{\rm S}}$		0 = 0 = 0			
FRÉQUENCE DES COURANTS ROTORIQUES			gf		$\Omega_{\rm b} = \Omega_{\rm s} - \Omega$			
PUISSANCE PERDUE DANS LE ROTOR			MΩs		M : couple moteur électromagnétique			
		$\eta =$						
RENDEMENT DU MOTEUR		n =	· u					

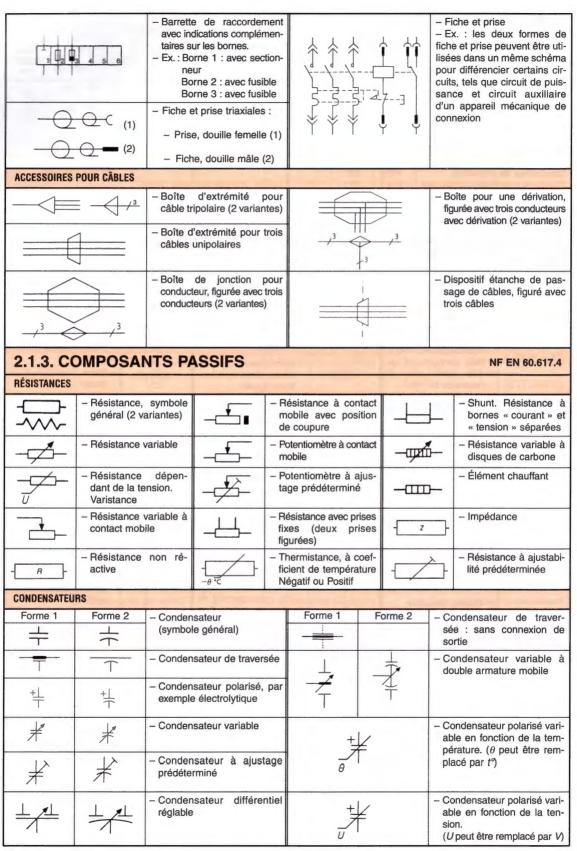
# 2. SYMBOLES ET CONVENTIONS

( CONFORMES AUX NORMES EN VIGUEUR)

Z.I. LES STRIBULES ELECTRIQUES									
2.1.1. SYMBOLES ÉLÉMENTAIRES  NF EN 60.617.2									
CADRES ET EN	VELOPPES								
Forme 1 Form	ne 2 Forme 3		tif – Équipement onctionnelle	t			<ul> <li>Ligne de séparation</li> </ul>		
Forme 1	Forme 2	- Envelo cuve) - Enceint	ppe (ampoule e	ou			Écran		
NATURE DU CO	URANT ET DE LA	TENSION							
Forme 1 Forme 2 Exemple : 2M 220/110 V		- Trois co	nt continu conducteurs, dont un cteur médian, 220 V / entre conducteur et n)		$\sim$ 50 Hz 3 N $\sim$ 50 Hz 400/230 V		Courant alternatif, 50 Hz     Courant alternatif triphasé avec neutre (230 V entre phase et le neutre)		
	(( (( (	(fréque – Fréque (fréque	nces basses nces industrielles nces moyennes nces acoustique		÷ ≥≤	-	Courant redressé avec composante alternative     Polarités positive et négative		
<u> </u>	$\approx$		nces hautes nces radio-électric	lues)	N M		<ul><li>Neutre</li><li>Médian</li></ul>		
SENS DE L'EFF	ORT OU DU MOU	EMENT OU	DE PROPAGATION	1					
- Effort ou mouvement de translation dans le sens de la flèche Effort ou mouvement dans les deux sens Rotation unidirectionnelle Rotation dans les deux sens Rotation limitée dans les deux sens Mouvement oscillant.		→ → → → → → → → → → → → → → → → → → →	gie d un s - Pr nées (émi simu - Pr tané (émi alter	opagation de l'éner- ou de signaux dans sens. opagations simulta- s dans les deux sens ission et réception ultanées). opagations non simul- es dans les deux sens ission et réception rnées). nission.	→ → →	Réception.     Transit de l'énergie issue des barres (compteurs).     Transit de l'énergie vers les barres (compteurs).     Transit de l'énergie dans les deux sens (compteurs et relais d'énergie).			
TYPES DE MAT	ÈRE – EFFET OU	DÉPENDAN	CE – RAYONNEME	NT - S	SIGNAUX				
	Matière non      Matière solid	e.	- E		ffet thermique. ffet électromagné- jue. ffet par magnétos- ction.	- <b>^</b> -	<ul><li>Impulsion positive.</li><li>Impulsion négative.</li><li>Impulsion courant alter-</li></ul>		
•	Matière liquid     Matière gaze		× - E d d - T - F m - F re		fet ou dépendance i champ magnétique. emporisation. ayonnement électro-	1	natif.  - Fonction échelon positive.		
	<ul><li>– Électret.</li><li>– Semi-conduc</li></ul>	teur.			agnétique non ionisant. ayonnement cohé- nt, non ionisant. ayonnement ioni-	1	Fonction échelon négative.		
	– Isolant ou dié	electrique.	278	sa	int (indiquer le type : $\beta$ , etc.)	M	- Onde en dents de scie.		

COMMANDES	MÉCANIQUES				
	Liaison mécanique     Liaison pneumatique     Liaison hydraulique	4	Verrouillage mécanique entre deux appareils		Accouplement méca- nique débrayé
<b>€ =</b> (	Mouvement retardé dans le sens du déplacement de l'arc vers son centre	_4	Dispositif d'accrochage libéré		Accouplement méca- nique embrayé (1)     Accouplement à entraî-
	Retour automatique dans le sens du triangle		Dispositif d'accrochage en prise	-}-5-5-	nement dans un seul sens (roue libre) (2)
	Crantage, retour non     a u t o m a t i q u e .     Dispositif de maintien     dans une position		- Dispositif de blocage	M)	- Frein  - Moteur avec frein serré (1)
	- Crantage libéré	'	Dispositif de blocage engagé, mouvement vers la gauche bloqué	(1) M (2)	Moteur avec frein desserré (2)
	- Crantage en prise		Embrayage     Accouplement mécanique	()	- Engrenage
DISPOSITIFS E	T MÉTHODES DE COMMANDI			the same	
	Commande mécanique manuelle, cas général	J	- Commande par pédale	<u></u>	Commande par came et galet
Ę	Commande mécanique manuelle, à accès restreint	<i>\beta</i>	- Commande par levier		Commande par accumulation d'énergie mécanique
}	- Commande par tirette	<b>\$</b>	- Commande manuelle amovible	<u> </u>	<ul> <li>Commande hydrauli- que ou pneumatique à simple effet</li> </ul>
F	- Commande rotative	8	- Commande par clef	<del></del>	<ul> <li>Commande hydrauli- que ou pneumatique à double effet</li> </ul>
E	- Commande par pous- soir		Commande par manivelle		<ul> <li>Commande électro- magnétique</li> </ul>
<b></b>	Commande par effet de proximité	Φ	- Commande par galet	>	<ul> <li>Commande par pro- tection électromagné- tique de surintensité</li> </ul>
<b>⋈</b>	Commande par effleu- rement	Ğ	- Commande par came	· >	<ul> <li>Commande par élément thermosensible (ther- mique par surintensité)</li> </ul>
( <del></del>	<ul> <li>Bouton poussoir de sécurité type « coup de poing »</li> </ul>		- Profil de came	M	Commande par moteur électrique
<b></b>	- Commande par volant		<ul> <li>Développement linéaire d'une came</li> </ul>	L	Commande par horloge électrique
COMMANDE PA	R GRANDEURS NON ÉLECTR	IQUES			
<b>d</b>	Commande par le niveau d'un fluide	F	Commande par le débit d'un fluide	% H <sub>2</sub> 0	<ul> <li>Commande par humi- dité relative</li> <li>Commande par degré</li> </ul>
0	Commande par comptage	<u></u>	<ul> <li>Commande par le débit d'un gaz</li> </ul>		hygrométrique
ÉLÉMENTS IDÉ	AUX DE CIRCUIT				
$\ominus$	<ul> <li>Source idéale de courant</li> </ul>	$\Diamond$	<ul> <li>Source idéale de ten- sion</li> </ul>		- Gyrateur idéal

The state of the	S CONDUCTEURS I	_	ATION	Sym-			NOT	ATION	Sym-
DÉSIGNATION DES CONDUCTEURS			PHANUM. bole		DÉSIGNATION DES		ALPHANUM.		bole
COND	00120110	teurs	Bornes	que			teurs	Bornes	que
Système	Phase		U		Terre		E	E	1
ralimentation	Phase 3		V W		Terre sans bruit		TE	TE	4
alternatif	Neutre	N	N						1
Système contin	Positif Négatif	L+ L-	A B	+	Masse, châssis		MM	MM	
systeme contin	Médian	M	C		Équipotentialité				4
Conducteur de	protection protection non mi	PE s PU	PE PU		Borne d'équipoten	tialitá (evm-			
à la terre			10		bole utilisable sur le		cc	cc	
	de protection e utre confondus	t PEN	PEN						
		JRS E	T DISP	OSIT	IFS DE CON	NEXION	-	NF EN 6	0.617.3
CONDUCTEURS				- 1					
	- Conducteur. Groupe de con-	ductours		c	onducteur flexible	n		: Deux	
	Ligne. Câble. C			C	onducteur sous écran			teurs parmi o	
	- Ex. : trois con (deux variant			- C	onducteurs torsadés,				
3	- Ex. : circuit à	courant			eux conducteurs orsadés		_ Dei	re coaxial	a .
3 N 50 Hz 400 V	triphasé, 50 H trois conduc				onducteurs dans un		_ Taile Coaxiale		
3 × 120 + 1 × 50	120 mm <sup>2</sup> , neutre de 50	avec fil	C C		âble, trois conduc- eurs figurés	<del>(Q)</del>	<ul> <li>Paire coaxiale sou écran</li> </ul>		
	NNEXIONS DE CO			100	dis figures			- 1	_
				- Je	onction de		- Poi	nt neutre	d'un sys
0	- Borne (le ce être rempli)	rcle peut	c		onducteur	<u> </u>	sen	ne polyphasé, repre nté en représenta n unifilaire	
				- C	onnexion commune un groupe d'appa-		tion	uriillaire	
			s		à un groupe d'appareils similaires.  10 – Ex.: Bancs multipliés et				
11 12 13 14 15 16	- Barrette à bo	rnes			gurés pour 10 bancs	3~///	-		
			10	- P	ermutation des con-				
_	- Dérivation	1	duc		teurs, changement de dre de succession de	GS	\ _ Ev	· alterna	tour tr
				pha	ses ou inversion de		- Ex. : alternateur phasé, deux extr		extrém
			1		arité, figuré pour n ducteurs			sorties su	
	– Double dériva	ation	11	- E	x. : changement de		phase, point neu extérieur		Heati
t			J L3		re de succession bhases		J		
DISPOSITIFS D	E CONNEXION								1
Forme 1	Forme 2		connecteu		SYMBOLE	-	Ensemble partie fixe		necteurs
_(	$\overline{}$	- Pôle d'u	ne prise						
-	$\leftarrow$		connecter prolongat ne fiche		-[]		Ensemble de connect partie mobile		necteurs
-(	<i>→</i> >	- Fiche et	che et prise unipo		-<<-		Ensemble de connecteurs au couplés (fiche fixe, prise mobile)		
· ——(	-		prise multi		——————————————————————————————————————	<del>-</del>	Fiche coax	dale et prise	coaxia
+(-	-	hexapole tion mult	aires, rep tifilaire	resenta-		-0-		de co : 2 sy ::1 symbo	mboles
	,6	- Représe	entation uni	polaire	-( <del>Y</del> )-	(3)	Connecte prise de pression	dérivation	



INDUCTANCES							
INDUCTANCES		1					
	- Inductance, bobine, enroulement	<u> </u>	de	ductance variable façon continue à dyau magnétique			- Variomètre
m	- Inductance à noyau magnétique	hm	pr	ductance avec ises fixes (deux ises figurées)	- <u>0</u>	0	<ul> <li>Étouffoir de câble coaxial à noyau magné- tique</li> </ul>
m	<ul> <li>Inductance à noyau magnétique avec entre- fer</li> </ul>	Lt-	pa	ductance variable ir contact mobile, à riation par échelon	-	_	<ul> <li>Perle de ferrite, repré- sentée sur un conduc- teur</li> </ul>
2.1.4. SE	EMI-CONDUCTE	URS					NF EN 60.617.5
DIODES							
H	- Diode à semi-conduc- teur	<del>-                                      </del>	– Di	ode tunnel	И		<ul><li>Diode symétrique</li><li>Diac</li></ul>
1	<ul> <li>Diode électrolumines- cente</li> </ul>	<del> </del>		ode à effet de cla- age dans un seul sens	K		
$\theta$	Diode utilisant l'effet de la température	<del>- )(1</del>	qu	ode à effet de cla- lage dans les deux lns	N	-	- Diode Schottky
+	<ul> <li>Diode à caractère variable</li> </ul>	H	– Di	ode unitunnel	-><	-	<ul> <li>Élément à effet Gunn dit : « Diode Gunn »</li> </ul>
THYRISTORS	W						
#	Thyristor diode blo- qué en inverse	+		nyristor triode bloqué inverse, gâchette P	A	_	<ul> <li>Thyristor triode symé- trique</li> </ul>
	- Thyristor diode pas- sant en inverse	4		yristor triode blocable, chette non spécifiée	1		- Triac
#	Thyristor diode symétrique	<del>-</del>		nyristor triode bloca- e par la gâchette N	4		<ul> <li>Thyristor triode passant en inverse, gâchette non spécifiée</li> </ul>
и		1		nyristor triode bloca- e par la gâchette P	<del> </del>		<ul> <li>Thyristor triode passant en inverse, gâchette N</li> </ul>
7	Thyristor triode, type non spécifié	<del>                                      </del>		nyristor tétrode blo- né en inverse	<del>- N</del>	J	<ul> <li>Thyristor triode passant en inverse, gâchette P</li> </ul>
	<ul> <li>Thyristor triode bloqué en inverse, gâchette N</li> </ul>	۲۰۰					
TRANSISTORS							
*	- Transistor PNP	P N	av	ansistors à jonction ec base de type ou N	4	1	<ul> <li>Transistor PNIN avec connexion à la région intrinsèque</li> </ul>
$\Diamond$	<ul> <li>Transistor NPN, avec collecteur relié à l'en- veloppe</li> </ul>	1	ba	ansistor NPN avec se polarisée trans- rsalement	Grille	Drain	<ul> <li>Transistor à effet de champ à grille-jonction avec canal de type P</li> </ul>
4	- Transistor avalanche NPN	47	co	ansistor PNIP avec nnexion à la région rinsèque	+	-	<ul> <li>Transistor à effet de champ à grille-jonction avec canal de type P</li> </ul>
DISPOSITIFS P	HOTOSENSIBLES ET MAGNÉ	TOSENSIBLES					
7/2	- Cellule	ésistance photoconductric tivité symétrique			-		enérateur Hall avec atre connexions
1/2	- Photod - Cellule conduc	iode photoconductric tivité asymétriqu	e à	- <del></del>	-		agnétorésistance, type éaire
3		photovoltaïque		[]ׯ	_	- Co	oupleur magnétique
1/1	- Phototr	ansistor, type PN	IP	¥ \$ \$	_	ave	oupleur optique. Exemple ec diode électrolumines- nte et phototransistor

2.1.0.11	RODUCTION, TRANSFORMA	TION, COI	NVERSION NF EN 60.617.6
TYPES DE MAC	HINES		
	Machine, symbole général L'astérisque * doit être remplacé par un des symboles suivants : C : commutatrice CS : compensateur synchrone	H	- Moteur linéaire, symbole général
*	G : génératrice GS : alternateur synchrone M : moteur MG : machine pouvant servir comme généra- teur ou comme moteur	M	- Moteur pas à pas, symbole général
	MS : moteur synchrone	<u>و</u> ئے	Générateur à commande manuelle (magnéto d'appel)
MACHINES À CO	DURANT CONTINU		
<u></u>	Moteur à courant continu à deux conducteurs, à excitation série	# <u>G</u> #	Convertisseur rotatif de courant continu en courant continu avec excitation commune par aimant permanent
N N	Moteur à courant continu à deux conducteurs, à excitation en dérivation		Convertisseur rotatif de courant continu en courant continu avec enroulement d'excitation commun
<u>a</u>	Génératrice à courant continu à deux inducteurs, à excitation composée, à courte dérivation	T M C C	
MACHINES À CO	DURANT ALTERNATIF À COLLECTEUR		
E 1~	Moteur à collecteur monophasé série	~ } (** **	- Moteur à collecteur, monophasé, type Déri
~	- Moteur à collecteur monophasé à répulsion (deux symboles)	A A	<ul> <li>Moteur à collecteur, triphasé, shunt, à ali- mentation par le rotor à double rangée de balais (moteur Schrage)</li> </ul>
# M M	- Moteur à collecteur triphasé série	* (X X)	<ul> <li>Moteur à collecteur, triphasé, shunt, à ali- mentation par le rotor à double rangée de balais (moteur Schrage), autre représenta- tion</li> </ul>
MACHINES SYN	CHRONES		
GS 3~	<ul> <li>Alternateur synchrone triphasé, à aimant permanent</li> </ul>	55 	<ul> <li>Alternateur synchrone triphasé, à deux bornes sorties par phase</li> </ul>
MS 1~	- Moteur synchrone monophasé	ITI	Committation triples of a section
]( + 2) []( + 1)	Alternateur synchrone triphasé, à induit monté en étoile, avec neutre sorti	300	<ul> <li>Commutatrice triphasée à excitation en dérivation</li> </ul>

MACHINES À IN	IDUCTION (ASYNC	HRONES)			
M 3~	- Moteur asyn court-circuit	chrone triphasé, à rotor en	M Y		chrone triphasé à stator monté vec démarreur automatique
M 1~	auxiliaire sor	chrone monophasé à phase tie et rotor en court-circuit	M 3 ~		aire asynchrone triphasé à dans un seul sens
M 3~	- Moteur async	hrone triphasé à rotor à bagues			
TRANSFORMAT	EURS ET INDUCTA	NCES – SYMBOLES GÉNÉRAUX			
Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2	
		- Transformateur à deux enroulements	$\Diamond$	fry	- Autotransformateur
	لسا:	Indicateurs de polarité instantanée des tensions	4	~~	- Inductance
<b>A</b>	m m	- Transformateur à trois enroulements	<b>\rightarrow</b>	E	Transformateur de courant     Transformateur d'impulsion
TRANSFORMAT	EURS À ENROULE	MENTS SÉPARÉS			
Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2	
<b>P</b>	لسا	Transformateur mono- phasé à deux enroule- ments avec écran	y		Groupe de trois transforma- teurs monophasés, couplage Étoile-Triangle
*	لسا	<ul> <li>Transformateur à prise médiane sur un enroule- ment</li> </ul>	*		- Transformateur triphasé à
¥	111		*	3 3 3	prises multiples avec com-
*	ليبا	Transformateur à cou- plage réglable			mutateur de prises pour manœuvre en charge, couplage Étoile-Triangle
* \		<ul> <li>Transformateur triphasé, couplage Étoile-Triangle</li> </ul>	#\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\		Transformateur triphasé, couplage Étoile-Zig-Zag, neutre sorti au secondaire
**************************************		Transformateur triphasé à quatre prises (non compris la prise principale) couplage Étoile-Étoile	* * * *		Transformateur triphasé à trois enroulements couplage Étoile-Étoile-Triangle

AUTOTRANSFO	RMATEURS ET RÉ	GULATEUR	S À INDUCTION						
Forme 1	Forme 2				Forme 1	F	orme 2		
#	لہما	– Autotra phasé	ansformateur, mo	ono-	*		المهرا	<ul> <li>Autotransformateur, mono phasé à réglage progress de la tension</li> </ul>	
# (*)			ansformateur, , couplage étoile	tri-	#	- Find		– Régulateur à inductior triphasé	
TRANSFORMA	TEURS DE MESURE	ET TRANS	FORMATEURS D'	IMPU	LSION				
Forme 1	Forme 2				Forme 1	F	orme 2		
Ů# Ů#		à de secon	ormateur de cou eux enroulem daires, chacun cuit magnétique	M=5		M N=5	<ul> <li>Transformateur de courant sans primaire bobiné avec cinq passages du conduc- teur primaire</li> </ul>		
##		à de secon	ormateur de cou eux enrouleme daires sur un ci étique commun	<b>3</b> #			<ul> <li>Transformateur d'impul- sion ou de courant avec un enroulement bobiné à trois conducteurs traversants</li> </ul>		
<b>\rightarrow</b>		à un daire à	ormateur de cou enroulement se à trois bornes (c cteurs raccordés	8#		2	<ul> <li>Transformateur d'impulsior ou de courant avec deux enroulements sur le même noyau et neuf conducteurs traversants</li> </ul>		
PILES ET ACCI	JMULATEURS								
4		représer rt représe	accumulateur nte le pôle positif nte le pôle néga		-   -   -		atterie d'ac variantes)	ccumulateurs ou de piles	
CONVERTISSE	URS DE PUISSANC	E							
	- Convertisseu (symbole gén	-	-2-	- R	edresseur		-2	- Onduleur	
-Z-	- Convertisseu courant contii		<b>→</b>	pl	edresseur en d age à double v en pont)	- 1	-2	- Redresseur/onduleur	
GÉNÉRATEURS	DE PUISSANCE			-		- "			
	- Source de (symbole gén		2 5 5 T		ource `de chal dio-isotopique	leur		Source de chaleur par combustion	
G A	Générateur électrique à s chaleur par tion	ource de	G	th	énérateur Jermoélectrique à Jurce de chaleur Judio-isotopique		G H	- Générateur photovol- taïque	
6	Générateur électrique à s chaleur par ment non ion	ource de rayonne-	G D	qı à	énérateur thermoi ue à semi-conduc source de cha dio-isotopique	teur	G +	Générateur thermoïonique à semi-conducteur à source de chaleur par rayonnementon ionisant	

excitati conduct  - Généra continu dérivat teurs, 2  - Alterna ou mo triphas ties, 6 Hz, exc ANSFORMATEURS  - Transfo plusieu de la c laire d'u  - Diviseu tif.  Exemp phasé de tens	u, à excitation dion, à deux conduiton, à deux conduiton, à deux conduiters ynchrone (Greur synchrone (Marie à six bornes son conduiters ynchrone (Marie à six bornes son conduiters primaires (mesucomposante homopun réseau polyphasur de tension caparaler : Diviseur mon avec transformates sion	UX   V	NW   PHZ   PHZ	commutatrice triphasée, à xcitation en dérivation 00 V, 1 000 kW, 50 Hz  ransformateur triphasé à eux enroulements 60 000 0 000 V, 4 000 kVA, 50 Hz ouplage Yd 11. Tension de ourt-circuit : 7,5 %  Equipement redresseur à ension continue réglable destatterie d'accumulateurs à combre d'éléments variable tilisant le symbole généra
continu dérivat teurs, 2  - Alterna ou moi triphas ties, 6 Hz, exi  - Transfo plusieu de la c laire d'u  - Diviseu tif.  Exemp phasé de tens - Variate	u, à excitation dion, à deux conduiton, à deux conduiton, à deux conduiters ynchrone (Greur synchrone (Marie à six bornes son conduiters ynchrone (Marie à six bornes son conduiters primaires (mesucomposante homopun réseau polyphasur de tension caparaler : Diviseur mon avec transformates sion	S) S	dd   1	eux enroulements 60 000 0 000 V, 4 000 kVA, 50 Hz ouplage Yd 11. Tension de ourt-circuit : 7,5 %
ou moi triphas ties, 6 Hz, exc ANSFORMATEURS  - Transformateurs de la colaire d'ordinateur d'ord	teur synchrone (M sé, à six bornes so 000 V, 1 000 kVA, i citation sous 110 V 6 - DIVISEURS CAPAI ormateur de courant urs primaires (mesu composante homop un réseau polyphas ur de tension capai ple : Diviseur mon avec transformate sion	S)   100	.ES - E	equipement redresseur a ension continue réglable datterie d'accumulateurs a ombre d'éléments variable
- Transfor plusieu de la colaire d'un colair	ormateur de courant urs primaires (mesu composante homop un réseau polyphas ur de tension capa pie: Diviseur mon avec transformate sion	t à lire co-	_ É te	ension continue réglable latterie d'accumulateurs combre d'éléments variable
plusieu de la c laire d'u  - Diviseu tif.  Exemp phasé de tens - Variate	urs primaires (mesu composante homop un réseau polyphas ur de tension capar ple : Diviseur mon avec transformate sion eur de puissance	rire co- ci-	_ E _ B _ u	ension continue réglable latterie d'accumulateurs à ombre d'éléments variable
tif.  Exemp phasé de tens  - Variate	ple: Diviseur mon avec transformate sion eur de puissance	10-	u u d	ombre d'éléments variable
			é	e variabilité extrinsèque pa chelons
	,,,	à	III s	atterie avec régulateu imple, utilisant le symbole énéral de contact glissant
ILLAGE E	T DISPOS	ITIFS DE COMI	MANDE	
ROTECTI	ON			NF EN 60.617.7
IOIS POSITIONS				
ct à fermeture ct de travail)		Contact à deux directions sans chevauchement	414	Contact à deux directions avec chevauchement (deux symboles)
ct à ouverture et de repos) (NC)		Contact à deux direc- tions avec position médiane d'ouverture	7 4	Contact à deux fermetures     Contact à deux ouvertures
DEUX POSITION	S			
ct de passage nt momentané- à l'action de son e de commande	1	Contact de passage fermant momentané- ment au relâchement de son organe de com- mande (NO)		Fermant momentané     ment à l'action et au     relâchement de soi     organe de commande     (NO)
EMENT DÉCALÉ				
ct à fermeture ée (1) (NO) ct à fermeture e (2) (NO)	7	- Contact à ouverture tardive (NC)		Contact à ouverture anticipée (NO)
IFIÉ				
ct à fermeture, é à la fermeture deux symboles)	A H	- Contact à ouverture, retardé à la fermeture (NC) (deux symboles)	X	Contact à fermeture retardé à la fermeture et à l'ouverture (NO)
	POSITION MAINTEN	UE		
TOMATIQUE OU À	1 0	Contact à fermeture, à position maintenue (NO)	7	Contact à ouverture à retour automatique (NC)
	ct à fermeture, é à la fermeture deux symboles) COMATIQUE OU À ct à fermeture, ur automatique	ct à fermeture, de à la fermeture deux symboles)  COMATIQUE OU À POSITION MAINTEN et à fermeture, ur automatique	ct à fermeture, de la fermeture deux symboles)  COMATIQUE OU À POSITION MAINTENUE  Ct à fermeture, ur automatique  Ct à deux directions avec position de coupure médiane d'ouverture, retardé à la fermeture (NC) (deux symboles)  COMATIQUE OU À POSITION MAINTENUE  CT à deux directions avec position de coupure médiane d'ouvertire, a position maintenue (NO)	ct à fermeture, de à la fermeture (NC) (deux symboles)  COMATIQUE OU À POSITION MAINTENUE  ct à fermeture, dur automatique  CT à fermeture, dur automatique  CT à fermeture, dur automatique

COMMUTATEUR	RS UNIPOLAIRES	ET INTERRI	UPTEURS DE POS	ITION			
F>	Contact à fer commande (NO) (symbol)	manuelle	E-/	m	outon poussoir à fer- leture à retour auto- latique (NO)	7	Tirette à fermeture à retour automatique (NO)
7-	Bouton rota meture san automatique	s retour	1 4	tio — Ir	nterrupteur de posi- on (NO) nterrupteur de posi- on (NC)	¥4	Interrupteur de posi- tion à deux circuits distincts actionné mécaniquement dans les deux sens
INTERRUPTEUF	RS FONCTIONNAN	T SOUS L'E	FFET DE LA TEMP	ÉRAT	URE		
0	Interrupteur ture (NO)      Interrupteur ture (NC)		(1)	Interrupteur agissant par effet thermique direct (NC) (ex. : bilame) (1)      Contact d'un relais thermique (NC) (2)		4.	Tube à gaz avec bilame. Starter pour lampe fluorescente
CONTACTS AGI	SSANT SOUS L'EF	FET D'UNE	VARIATION DE VI	TESSE		1	
8	- Interrupteur à inertie (actionné par une brusque accélération) (NO)			- C	ommutateur à mer- ure, trois bornes		Commutateur à mercure, quatre bornes
APPAREILS MÉ	CANIQUES DE COI	NNEXION					
1 1	- Interrupteur (deux variantes) (NO)		*	– D	isjoncteur	4	- Interrupteur-section- neur
(1)	Contacteur (1) (NO)     Discontacteur (2) (NO)     (contacteur associé à un relais de protection)		1	- Sectionneur		*	Interrupteur-section- neur à ouverture automatique
1	- Rupteur (NC)		11	di	ectionneur à deux rections avec position isolement médiane	F	Sectionneur, à com- mande manuelle, avec dispositif de blo- cage
COMMUTATEUR	S MULTIPOLAIRE	S ET À PLU	SIEURS DIRECTIO	ONS			
	1	à n di pour <i>n</i> :				da da	ément de commutateur, à ommande manuelle, avec uatre circuits indépen- ants
		n direct	at du commutateur à tions, variante pour le nombre de direc- eprésenté pour $n = 4$				ément de commutateur à latre directions, aucun cir- lit ne pouvant être rac- ordé sur la deuxième direc- on
1111	1 2 3 4 quatre		t de commutate directions, avec e de position		T	siz	ément de commutateur à directions avec chevauche- ent pendant le passage une direction à la suivante
			ateur à came et e de fonctionnen ondant			2 di	ombinateur à tambour et agramme de fonctionne- ent correspondant
666	*     * *						

1 2 3 4	Ne peut êt	ne de position tre déplacé q is les deux se	u'entre les positi	ons	1 2	F	les aiguilles d'u	osition : sé à volonté dans le sens ine montre, mais unique- I dans le sens inverse.
1 2 3 4	Ne peut	ne de position tourner que l'une montre	: dans le sens	des	- Commutateur comple (symbole général)			•
du commutat	utile d'indique teur, ainsi que uvement du c	les limites im	de chaque posi posées mécanic commande, com	que-	D		tions à si F, réalise sous (co	ateur à galette, à 18 posi- x bornes, repérées ici A à é comme indiqué ci-des- mmutateur représenté en
	onnexions Bornes		tambour à 6 posit réalisé comme ind	iqué	Tableau Direction	des connexi Bornes connecté A B C D E	es	)
Positions	+-   bo	ornes qui sonnectées entron donnée (poson intermédiain nande du commitate. – Si d'au nécessa caractèr	; – et O indiquent sont respectivent e elles dans une p sition de repos ou p e) de l'organe de c nutateur. utres symboles nires, on utilisera res courants sur e à écrire tels que x	nent posi- posi- com- sont les une	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18		14	16 17 18 1 1 2 3 8 5 5 5 6 6 12 11 10 19 8 D
RELAIS ÉLECTE	OMÉCANIQUE			, - ,			08 18 19 2 8 2 B	is of the point of the part
	- Organe de d'un relais général (2	s, symbole		d'un enro Rep	relais oulemen résenta	exmmande avec deux ts séparés. tion ras- variantes)		Organe de commande d'un relais avec deux enroulements séparés, représentation déve- loppée (2 variantes)
+		elais à mise au		man	Organe de com- nande d'un relais à nise au travail retar- dée			Organe de com- mande d'un relais à mise au travail et mise au repos retardées
H	Organe de commande d'un relais rapide (mise au travail et mise au repos rapide)		+	inse	nde d'	de com- un relais au courant		Organe de com- mande d'un relais à courant alternatif
->-	Organe de d'un relaimance méc	is à réso-		d'un	relais	commande à ver- canique		<ul> <li>Organe de com- mande d'un relais polarisé</li> </ul>
1	Relais polarisé fonctionnant pour un seul sens du courant (retour au repos à la coupure)		110-110	tion	elais polarisé à posi- on médiane fonc- onnant pour les deux ens du courant		\$ do	Relais polarisé à deux positions stables
	Organe de d'un relais nence (2 va	s à réma-	4		ane d'i nde d'i mique	de com- un relais	- KAN - KA	- Indication des posi- tions d'un relais bis- table :
			R = 200 Ω			permet es indica-	- kAx 🕹 - kAy	Organe de comman- de à deux enroule- ments     Contact bidirectionnel

RELAIS DE ME	SURE						
<i>U</i> = 0	- Relais à manque de tension	/ <b>←</b>	- Relais	s à retour de nt	<i>a</i> > ⊢	Relais à maximum de puissance réactive ;     transit de l'énergie	
>	Relais à maximum de courant à action retar- dée	2 (/ >) 5 10 A	coura	s à maximum de nt à deux élé- s de mesure, ment de 5 à 10 A	1 Mvar 5. 10 s	vers les barres  - ajustement 1 Mvar  - retard ajustable de 5  à 10 s	
P <	Relais à minimum de puissance active	U < 5080V 130 %	tensio	nent de 50 à 80 V ajustable de 5	/ ≥ 5A	Relais à maximum et à minimum de cou- rant, actionné pour / > 5A et pour / < 3A	
Z <	- Relais à minimum d'impédance	N <		de détection de circuit entre spires	~#~	Relais de détection de coupure d'enroulement	
	Relais à maximum de courant avec deux sor- ties, l'une active lorsque le courant dépasse 5 fois	m < 3	de déf dans u	de détection aillance de phase n système triphasé	n ≈ 0 / >	Relais de détection de rotor bloqué actionné par la mesure de courant	
5x	la valeur d'ajustement, l'autre avec caractéristique de retard à temps inverse	8	- Relais	s Buchholz	0 → 1	<ul> <li>Dispositif de réenclen- chement automatique</li> </ul>	
CAPTEURS ET	DÉTECTEURS						
<b>*</b>	- Capteur sensible à une proximité	<b>*</b>		eur sensible à urement	[	<ul> <li>Dispositif sensible à une proximité, commandé par un aimant, avec contact à fermeture</li> </ul>	
•	Dispositif sensible à une proximité, symbole fonctionnel	<b>₩</b> -	l'effle conta	eur sensible à urement avec ct à fermeture	4	Dispositif sensible à une proximité, commandé à l'approche	
	Détecteur capacitif de proximité, fonctionnant à l'approche d'un matériau solide		une	eur sensible à proximité avec et à fermeture	Fe <b>1</b>	de fer avec contact à ouverture	
FUSIBLES ET IN	ITERRUPTEURS À FUSIBLES						
ф	– Fusible (symbole général)	ф	mité	e, dont l'extré- après fusion sous tension	<b></b>	- Fusible à percuteur	
<u></u> <u> </u> <u> </u>	Fusible à percuteur avec circuit de signalisation à point commun	<b>∳</b> √	avec o	le à percuteur circuit de signali- distinct		<ul> <li>Interrupteur triphasé à ouverture automa- tique par l'un quel-</li> </ul>	
(1)	Fusible interrupteur (1)     Fusible sectionneur (2)	P	- Fusib	le interrupteur- nneur	7-7-1	conque des fusibles à percuteur	
ECLATEURS ET	PARAFOUDRES						
†	– Éclateur		– Éclate	eur double	P	- Parafoudre	
AUXILIAIRES D	E COMMANDE – COMMUTATE	URS		10-000			
F-^-	Commutateur à deux positions stables, bouton « pousser-tirer »	ELAJ	positio	nutateur à deux ns stables, bouton sser-pousser »	8>	Auxiliaire manuel de commande actionné par une clé	
E-^_	Commutateur à deux positions stables, un bouton poussoir libérant l'autre	φ¹√ <sup>1</sup> \	– Téléru		H-8	Auxiliaire manuel de commande condamné par clé dans la posi- tion d'accrochage	
7	Bouton rotatif à deux di- rections à retour automa- tique en position médiane	₹		- Commuta- teur à clavier (un seul pous- soir enfoncé à	2-3-17-6-	- Commutateur « tourner-pousser » (à deux positions	
F	Commutateur     « tourner » lumineux	Ш. Ш.	<u>.</u>	la fois)	Ť	H et L) Repré- sentation as- semblée	

SYMBOLES FO	NCTIONNELS DE DÉMARREU	RS DE MOTEUR			
	Démarreur de moteur (symbole général)		Démarreur avec mise à l'arrêt automatique	70	Démarreur par     autotransformateur
1	Démarreur opérant par échelons	**	Démarreur direct par contacteur pour deux sens de marche	#	– Démarreur-régleur par thyristor
	Démarreur-régleur      Démarreur automatique, symbole général, la partie hachurée peut être noircie      Démarreur semi-auto-		Démarreur Étoile- Triangle      Démarreur série- parallèle      Démarreur par change-		Démarreur rhéostatique     Exemple: moteur asynchrone triphasé avec démarreur automatique par contacteur pour les deux sens de marche, mise à l'arrêt automatique. Démarreur
	matique, symbole général, la partie ha- churée peut être noircie	8/4 p	ment du nombre de pôles (exemple : 8/4 pôles)		rotorique rhéostatique automatique à 4 éche- lons (crans)
2.1.7. AF	PPAREILS DE M	ESURE, L	AMPES ET SIG	NALISATI	ON NF EN 60.617.8
APPAREILS INI	DICATEURS				
V	– Voltmètre	A Isin φ	Ampèremètre de cou- rant réactif	→ (W Pmax)	Indicateur de maxi- mum de puissance active asservi à un compteur d'énergie
var	Varemètre Indicateur de puissance réactive	(ος φ)	$-\cos\varphi$ mètre indicateur du facteur de puissance	φ	<ul> <li>Phasemètre indica- teur de déphasage</li> </ul>
Hz	- Fréquencemètre		- Synchronoscope	$\langle \lambda \rangle$	- Ondemètre
7	- Oscilloscope	(V <sub>d</sub> )	Voltmètre différentiel	NaCl	- Galvanomètre
Na Cl.	- Salinomètre	$\theta$	- Thermomètre	n	- Tachymètre
<u>±</u>	- Indicateur de sens de courant	9	<ul> <li>Indicateur triphasé d'ordre de succession de phases</li> </ul>	(#)	Appareil de mesure à affichage numérique (2 variantes)
*	Appareil indicateur double, les astérisques sont remplacés par les symboles	(tt)	– Multimètre	(3)	L'astérisque est rem- placé par le symbole de la grandeur à mesurer
APPAREILS EN	REGISTREURS				pro-14-
W	- Wattmètre enregis- treur	1	<ul> <li>Enregistreur combiné wattmètre et varmètre</li> </ul>	1	- Oscillographe
APPAREILS DE	MESURE ET INSTRUMENTS I	DIVERS			
	Synchro (symbole général)     Premières lettres :     C : commande	TX	- Transmetteur de couple		Indicateur de position angulaire ou de pres- sion, type à courant continu
*	T : couple R: transfert de coordonnées - Lettres suivantes : D: différentiel R: récepteur		- Gyro  - Transmetteur de posi-	83	Transmetteur de posi- tion angulaire ou de pression, type à induction
	T : transformateur X : transmetteur B : enroulement de stator orientable	The state of the s	tion angulaire ou de pression, type à cou- rant continu		Indicateur de position angulaire ou de pres- sion, type à induction

COMPTEURS					
h	- Heuremètre - Compteur horaire	Ah	- Ampèreheuremètre	Wh	Compteur d'énergie active     Wattheuremètre
Wh	Compteur d'énergie mesurant l'énergie dans un seul sens	Wh	Compteur d'énergie reçue du jeu de barres	₩h	<ul> <li>Compteur d'énergie délivrée au jeu de barres</li> </ul>
₩h	Compteur d'énergie import-export     Compteur d'énergie échangée	Wh P>	Compteur d'énergie active à dépassement de puissance	Wh Pmax	<ul> <li>Compteur d'énergie active avec indication du maximum de la puissance moyenne</li> </ul>
Wh ->-	Compteur d'énergie active avec émetteur	→ Wh	Répétiteur d'un comp- teur d'énergie active	→Wh	<ul> <li>Répétiteur d'un comp- teur d'énergie active avec dispositif impri- mant</li> </ul>
Wh	Compteur d'énergie à tarifs multiples, figuré pour double tarif	Wh Pmax	Compteur d'énergie active avec enregistre- ment du maximum de la puissance moyenne	varh	<ul> <li>Varheuremètre</li> <li>Compteur d'énergie réactive</li> </ul>
DISPOSITIFS D	E COMPTAGE				
©	Fonction de comp- tage d'un nombre d'événements, sym- bole distinctif		- Compteur d'impulsions électriques		<ul> <li>Compteur d'impulsions électriques avec mise à n manuelle (mise à zéro si n = 0)</li> </ul>
	Compteur d'impul- sions électriques avec mise à zéro électrique		- Compteur d'impul- sions, type méca- nique	0000	<ul> <li>Compteur d'impul- sions à affichage numérique</li> </ul>
1031	ontacts.	Les contacts so que unité (100)	électriques à plusieurs nt fermés respectivement , dizaine (10 <sup>1</sup> ), centaine ements enregistrés	C-0-1	<ul> <li>Dispositif de com- ptage commandé par came, fermeture d'un contact tous les n événements</li> </ul>
THERMOCOUPI	LES				
-V+ V	- Thermocouple (2 variantes)	XL	Thermocouple à élément chauffant non isolé (2 variantes)	> -	Thermocouple à élé- ment chauffant isolé (2 variantes)
DISPOSITIFS D	E TÉLÉMESURE				
( ± 202,390)	Convertisseur de signal (symbole général)		- Émetteur de télé- mesure	7	<ul> <li>Récepteur de télé- mesure</li> </ul>
HORLOGES ÉLE	CTRIQUES				
4	<ul><li>Horloge, symbole général</li><li>Horloge secondaire</li></ul>		- Horloge mère		- Horloge à contact
√50 Hz	Horloge synchrone pour 50 Hz	(L)	Horloge à dispositif     de remontage par     moteur électrique		
LAMPES ET DIS	SPOSITIFS DE SIGNALISATION				non-le-
$\otimes$	Lampe, symbole génér     Lampe de signali symbole général     PRÉCISION DE LA COU RD : rouge BU : bl YE : jaune WH : bl GN : vert     TYPE DE LAMPE : NE : néon     Xe : xénon     Na : vapeur de sodium	sation, I IN : LEUR : EL : eu ARC : anc FL : IR	fluorescence infrarouge ultraviolet	⊕ ⊕ √	Dispositif lumineux clignotant      Voyant électromécanique      Indicateur électromécanique de position avec une position hors courant (celle figurée) et deux positions significatives

	Avertisseur sonore     Klaxon	Z	- Sifflet à commande électrique	9	- Sonnerie (2 variantes)
4	- Sonnerie à un coup	$\hat{\uparrow}$	– Sirène	P À	- Ronfleur (2 variantes)
2.1.8. TÉ	LÉCOMMUNICA	TIONS			NF EN 60.617.9
SÉLECTEURS					
-	Niveau de sélecteur avec balai à chevau-chement		Niveau de sélecteur avec balais sans chevauchement	~ <u></u>	<ul> <li>Sélecteur à un seul type de mouvement, sans position de repos</li> </ul>
-/)-	Sélecteur à un seul type de mouvement, avec position de repos	-\( )\)-	<ul> <li>Sélecteur à deux types de mouvement, avec position de repos</li> </ul>		<ul> <li>Sélecteur entraîné par un moteur, avec position de repos</li> </ul>
_//_	Sélecteur pour com- mutation à quatre fils, avec position de repos	-	- Sélecteur à un seul type de mouvement avec arrêt par potentiel de marquage sur une ou plusieurs broches du banc		Sélecteur à un seul type de mouvement, avec position de repos et toutes les sorties représentées individuellement
APPAREILS TÉL	ÉPHONIQUES				
	Appareil téléphonique (symbole général)	1	Appareil téléphonique     à batterie locale		Appareil téléphonique     à batterie centrale
(O)	Appareil téléphonique     à cadran de numé- rotation	1	<ul> <li>Appareil téléphonique à cadran de numéro- tation</li> </ul>		Avec clé ou BP offrant des possibilités de commutation autres
	Appareil téléphonique à prépaiement	1	<ul> <li>Appareil téléphonique avec générateur d'appel, par exemple magnéto</li> </ul>		Appareil téléphonique     à haut-parleur
	Appareil téléphonique avec amplificateur		Appareil téléphonique autogénérateur		<ul> <li>Appareil pour deux ou plusieurs lignes, princi- pales ou supplémentaires</li> </ul>
TRANSDUCTEU	RS			"	
a	Microphone     (symbole général)	<u>_</u> #)	Microphone électro- statique     Microphone à con- densateur	-db-	<ul> <li>Microphone symé- trique</li> </ul>
	Récepteur télépho- nique (symbole général)		Récepteur type serre- tête, simple		- Combiné
	Haut-parleur (symbole général)	1	Microphone haut-par- leur		Tête de transducteur (symbole général)
<u></u>	Tête mécanique d'écri- ture ou de lecture, sté- réophonique	11	Tête de lecture optique monophonique	(X)	- Tête d'effacement
g* (3)-	- Tête magnétique pour <i>n</i> pistes (2 variantes)	<b>←</b> ∋}-	Tête magnétique d'écri- ture, monophonique (2 variantes)	x)-	Tête magnétique d'effacement (2 variantes)
APPAREILS D'E	NREGISTREMENT ET DE LECT	TURE	-		
	Appareil d'enregistre- ment et de lecture (symbole général)	) 0	<ul> <li>Appareil d'enregistre- ment et de lecture à tambour magnétique</li> </ul>		<ul> <li>Appareil de lecture à tête mécanique</li> </ul>
		/		,	

### 2.1.9. SCHÉMAS ARCHITECTURAUX ET TOPOGRAPHIQUES NF EN 60.617.11 CENTRALES, SOUS-STATIONS, POSTES ÉLECTRIQUES En En En - Centrale de proprojet service projet service projet service duction combinée Sous-station - Centrale d'énergie élec-Poste trique et de chaleur - Centrale hydrau-- Centrale thermique Centrale nucléaire lique (charbon, lignite, fuel, gaz, etc.) - Centrale géother-- Centrale solaire - Centrale éolienne mique - Centrale à plasma Sous-station de conversion. figurée pour courant continu $\Diamond$ 0 (magnéto-MHD converti en courant alternatif hydrodynamique) - Poste sur poteau - Poste mobile ou amovible figuré avec poteau en béton **RÉSEAUX - LIGNES** Ligne immergée - Ligne aérienne - Ligne souterraine - Canalisation Ligne avec retard - Ligne avec point de 0 conduit ou fourreau d'accès à une chambre raccordement enterré d<sup>6</sup> - Ex. : faisceau de six de raccordement conduits Ligne avec bouchon -Ligne avec vanne - Ligne avec bouchon d'étanchéité (gaz ou d'arrêt de gaz ou d'étanchéité à gaz ou huile) d'huile huile, avec dérivation - Alimentation en cou-- Alimentation en cou-- Point de répartition $\stackrel{ ightharpoondown}{\sim}$ rant alternatif par lignes rant continu par ligne de télécommunications de télécommunications - Cabine ou armoire - Concentrateur - Dispositif évitant le (I) pour installation extéalissement d'un câble lianes rieure (symbole géné-- Ex. : concentrateur de de la canalisation lignes sur poteau Dispositif dans chambre - Ex. : cabine d'amplifide raccordement cation - Anode de protection - Anode de protection en magnésium. LIGNES AÉRIENNES ET ACCESSOIRES Ligne aérienne en Ligne aérienne sur Ligne aérienne sur conducteur isolé torpoteau en bois poteau métallique 0 sadé, sur support ou sur façade - Ligne aérienne sur Ligne aérienne sur Boîte de ionction pour $\Diamond$ poteau en béton potelet câbles (=203-404)Boîte d'extrémité pour - Boîte pour une déri-Boîte à double dériva-4 câble vation **IDENTIFICATION DE CONDUCTEURS PARTICULIERS – CANALISATIONS** - Conducteur neutre - Conducteur de pro-- Ex. : canalisation tri-- Conducteur de protection et neutre phasée avec conduc-11197 tection confondu teur neutre et conducteur de protection - Canalisation traver- Canalisation montante Canalisation descendante sante verticalement - Boîte Coffret de branche-- Coffret de répartition, (symbole général) ment avec une canalifiguré avec cinq Boîte de connexions sation canalisations

SOCLES DE PRI	ISES DE COURANT				
(= 203.301)	- Socle de prise de courant (symbole général)	, Y	<ul> <li>Socle pour plusieurs prises de courant, figuré pour trois</li> </ul>	7	Socie de prise de courant avec contact pour conducteur de protection
$\neg$	Socle de prise de courant avec volet d'obturation	7	Socie de prise de cou- rant avec interrupteur unipolaire	一	Socie de prise pour terminal de télécommunication (symbole général)  Ajouter les symboles :
7	Socle de prise de cou- rant avec interrupteur de verrouillage	70	<ul> <li>Socle de prise de courant avec trans- formateur de sépara- tion (Ex.: prise rasoir)</li> </ul>	TP : téléphon M : micropho	one fréquence
INTERRUPTEUF	RS ET APPAREILS DIVERS	-11			
6	- Interrupteur (symbole général)	8	- Interrupteur à lampe témoin	di	Interrupteur unipo- laire à temps de fer- meture limité
5	- Interrupteur bipolaire	8	<ul> <li>Commutateur unipo- laire</li> <li>Ex.: pour différentes intensités d'éclairage</li> </ul>	S	- Interrupteur unipo- laire va-et-vient
X	Commutateur intermé- diaire pour va-et-vient	8	- Interrupteur gradateur	<b>S</b>	– Interrupteur unipo- laire à tirette
	<ul> <li>Schéma équivalent des circuits</li> </ul>		<ul><li>Bouton poussoir (1)</li><li>Bouton poussoir lumineux (2)</li></ul>	<b>©</b>	Bouton poussoir à accès protégé (glace à briser, etc.)
t	- Minuterie	@- <u>/</u>	- Interrupteur horaire	8	Dispositif de contrôle ou de commande par ser-rure (contrôleur de ronde)
	Liaison d'interdépendance :     avec trait tireté     avec repère corrélatif (k)	\⊗	Touche à effleure- ment lumineuse (symbole général)	K)~	Interrupteur à effleu- rement gradateur
7	- Télérupteur	t	<ul> <li>Minuterie à préavis d'extinction</li> </ul>	0	Transformateur de séparation
Lx<	<ul> <li>Interrupteur crépus- culaire</li> </ul>		- Écran de visualisation	!	Détecteur d'incendie ponctuel
0	Avertisseur manuel d'incendie	<b>9</b> (a)	<ul> <li>Ensemble de matériel électrique. Ex. : tableau distributeur</li> </ul>	i n (a)	Centrale d'alarme à n circuits
⊗ n (a)	<ul> <li>Panneau à n signali- sations lumineuses</li> </ul>	<b>⊜</b> n (a)	<ul> <li>Panneau à n signali- sations à voyants électromécaniques</li> </ul>		Chauffe-eau, repré- senté avec canalisa- tion électrique
	<ul> <li>Ventilateur, représenté avec canalisation élec- trique</li> </ul>	$\Delta$	Gâche électrique		- Interphone portier
INSTALLATIONS	D'ÉCLAIRAGE				
<del>-</del> ×	<ul> <li>Point d'attente d'ap- pareil d'éclairage, représenté avec ca- nalisation</li> </ul>	<b>→</b>	<ul> <li>Point d'attente d'ap- pareil d'éclairage en applique murale, repré- senté avec canalisa- tion</li> </ul>	(= 208.801)	– Lampe (symbole général)
<b>—</b>	Luminaire à fluores- cence (symbole général)		Luminaire à trois tubes fluorescents	5	<ul> <li>Luminaire à cinq tubes fluorescents</li> </ul>
(8)	- Projecteur (symbole général)	(⊗ <b></b>	Projecteur à faisceau     peu divergent	(o)(	<ul> <li>Projecteur à faisceau divergent</li> </ul>
	Appareil auxiliaire pour lampe à décharge (uti- lisé lorsqu'il n'est pas dans le luminaire)	×	<ul> <li>Appareil d'éclairage de sécurité sur circuit spécial</li> </ul>	×	<ul> <li>Bloc autonome d'éclai- rage de sécurité</li> </ul>

se faire au mo	tion de rampes o yen des symbole emples ci-contre				40W	+	-	uré 3 tubes bout à bout chacun 40 W	
2×65W			é 3 groupes bou ubes 65 W cha			<b>-</b>	– Figi	uré 3 tubes bout à bout	
H	<b>=</b>	-	é 3 groupes de 2 tubes chac		<u> </u>	П		mpe d'éclairage montée canalisation préfabriquée	
CANALISATION	IS PREFABRIQUÉE	S						Example of the Section	
<b></b>	<ul> <li>Élément droit (symbole gén</li> </ul>		h	– Élém teurs	ent droit à <i>n</i> conduc-		1	Eléments droits assemblés     Ex. : 2 éléments assemblés	
T	<ul> <li>Obturateur of mité</li> </ul>	d'extré-	Г	- Coud	de	T	4	– Té	
+	Croix avec dérivation	double	H	– Élém table	ent à longueur ajus-	<del></del>		Élément à barres bloquées par rapport à l'enveloppe	
4	- Élément de dilatation, barres par rapport à l'enveloppe		\$ \$4		ent flexible ent de dilatation bâti- :		_	- Élément de réduction	
	<ul> <li>Élément de pe tion de phase</li> </ul>		(a)	- Coffr ligne	et d'appareillage en			<ul> <li>Élément de traversée coupe-feu</li> </ul>	
<b></b>	<ul> <li>Élément d'ali tion en bout</li> <li>Exemple: ali tion par la gau</li> </ul>	menta-	- Élément d'alimentation central Ex. : alimentation par le haut				+	<ul> <li>Exemple de canali- sation, alimentée par la droite</li> </ul>	
Ψ,	Exemple de sation, alimer centre par le l	ntée au	- Coffret d'alimentation en bout (avec ou sans appareillage)		4		Coffret d'alimentation central (avec ou sans appareillage)		
<b>├</b>	<ul> <li>Emplacement</li> <li>dérivation fixe</li> <li>Exemple: dérent</li> <li>vers le bas</li> </ul>			- Char	iot coulissant			<ul> <li>Coffret de dérivation fixe</li> </ul>	
	_		3+N+PE		ation fixe avec socle de de courant	3 2		- Élément à 2 circuits : l'un à 3 conducteurs l'autre à 2 conducteurs	
(A) (B) (C) 3+N+PE 2+M	<ul> <li>Élément à 3 de Les lettres A sont à rempla les caractéris de composition circuits (2 vari</li> </ul>	, B, C cer par stiques on des	Coffret d'alimentation en bout pour canalisation à deux circuits (2 + 3) avec 3 entrées et une liaison vers canalisation			3+N+PE   TV   FM		Élément droit à trois compartiments séparés :     1) pour canalisation préfabriquée (circuit à 5 conducteurs)     2) pour la pose après	
	Élément droit cuits assemble <b>Exemple</b> : ments assemble	és 2 élé-	(A)	A et l dispo	ent droit à deux circuits 3 avec emplacement C onible pour pose de s (2 variantes)		*N+PE-1	installation, modula- tion de fréquence 3) pour la pose après installation, du circuit téléphone	
<b>4</b>	<ul> <li>Alimentation canalisation à 2 alimentés sépa</li> </ul>	rés	1C)			<i>I</i> - 1			
CONDUCTEURS	S FT CANALISATION	NS DANS	I F RÂTIMENT					the say that the first sold street,	

- Le symbole du conducteur peut être complété, dans l'ordre, des renseignements concernant le mode de pose, le type de conduit, la nature du conducteur ou câble, selon le code suivant :
- Mode de pose : EN : Encastré ; NE : Apparent (non encastré) ; CC : Chemin de câble ; CS : Caniveau de sol ; GO : Goulotte ; MO : Moulure ; PF : Préfabriqué ; PL : Plinthe ; AE : Aérien ; AP : Autoporté ; AC : Flexible sur chariot ; AS : Suspendu ; AT : Trolley
- Désignation normalisée du conduit (EN 586)
- Désignation normalisée du câble ou conducteur (NFC 30-202)

Exemple d'application : EN/MRL/H07 RN-F

	RODOMESTIQUES OU	ASSIMIL	.ÉS						
	Appareil de chauf- fage électrique (symbole général)				areil de chauffa rique à accumi		- Clima	tiseur	
-	Cuisinière électrique	9	•	– Four	électrique sép	aré — Hotte asp		aspirante et fi	
<b>≈</b>	Four à micro-ondes		•	- Plaq	ue chauffante	* *** **		éfrigérateur Congélateur	
***  - Réfrigérateur avec compartiment congélateur			- La		-vaisselle	<b>O</b>	- Lave-	- Lave-linge	
∞ •	Armoire sèche-linge		<b>∞</b>		ne-mains, sèc reux, radiate flant		<ul> <li>Appareil électromé- nager non défini</li> </ul>		
2.1.10. IDE	NTIFICATIO	N DE	S BOF	RNES	D'APPA	REILS		NF EN 60.445	
DÉSIGNATION	N DES CONDUCTE	JRS	NOTATIO ALPHAN MÉRIQU	IU-	BORNES	D'APPAREILS PO	UR ·	NOTATION ALPHANU- MÉRIQUE	
Système	Phase 1		L1			Phase 1		U	
alternatif	Phase 2 Phase 3		L2 L3		ystème ternatif	Phase 2 Phase 3		V W	
alimentation)	Neutre		N N	"	terriatii	Neutre		N	
	Positif		L+	C	onducteur de p	protection		PE	
Système continu	Négatif		L-	11.11	erre			E	
Pandustour do pr	Médian		M PE	Te	erre sans bruit			TE	
Conducteur de pre Conducteur de pre	otection non mis à la	terre	PU						
	protection et cond		1						
neutre confondus			PEN						
Terre Terre sans bruit			E TE						
iono dano bran		EVE		MARO	UES DE BORN	IFC			
	~ 0	EXE	_5		<u>\$</u> ~	Conducteur particuliers		2 2 z Z	
Élément simpli à 2 bornes	à 4 bornes	esé	App	ipes de	nhasé posséda 3 éléments ch 3 bornes		re 30	50-50-50-50 50-50-50-50 50-50-50-50	
2.1.11. CO	DE DE DÉS	GNA	TION D	DES (	COULEU	RS		NFC 04.201	
loir			ardoise)		1	- Combinaison des	couleure	pour un mêm	
Brun		,				élément :			
Rouge						juxtaposer les co			
Drange						leurs dans l'ordre Exemple : élément re			
aune			oise			- Combinaison pour	•		
			t			séparer les couleu			
ert		11 80.1				Exemple : câble à 5			
		Vert et	t iaune		GNYF		Conducti	eurs isoles com	
/ert Bleu (y compris ble /iolet (pourpre)	u clair). BU	Vert et	t jaune		GNYE	portant : 2 noirs, 1 brun, 1			

### Principes de marquage

- Le marquage des diverses bornes d'un même circuit doit caractériser leur appartenance au même circuit.
- Le marquage des bornes des circuits d'alimentation (bobine, impédance...) doit être alphanumérique.
- Le marquage des bornes des éléments de contacts doit être numérique.
- Si, pour obtenir une fonction donnée, le sens relatif des alimentations doit être spécialement caractérisé, les bornes reliées à la même polarité ou à la même phase doivent porter le même numéro.
- Si, de plus, le relais est polarisé, la borne destinée au pôle positif de la source d'alimentation doit être marquée 1 (exemple : A1, B1,...).
- Chaque marquage ne doit apparaître qu'une seule fois.



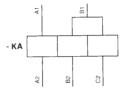
- Les deux bornes du circuit d'alimentation d'un relais ne comportant qu'un seul circuit d'alimentation sont repérées A1 et A2.



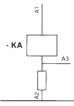
 Lorsqu'un relais comporte plusieurs circuits d'alimentation distincts (relais bistables, par exemple) les bornes du premier circuit sont marquées A1 et A2, ceux du second B1 et B2, ceux du troisième C1 et C2, etc.

- Dans le cas des relais de fonctions associant plusieurs circuits d'alimentation (bobines à point commun, source auxiliaire, « commande interne », impédance externe, etc.) les bornes supplémentaires peuvent avoir des indices différents.



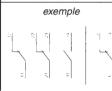


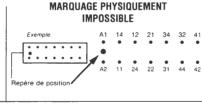




### CONTACTS

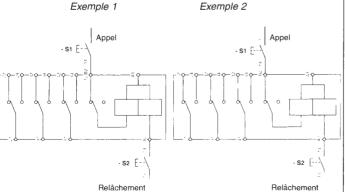
- Les bornes des circuits de contacts sont marquées par un nombre à deux chiffres (arabes). Le chiffre des unités est un chiffre de fonction, celui des dizaines (et des centaines s'il y a lieu) est un numéro d'ordre.
- Chiffre de fonction : l'entrée du contact est repérée 1
  - la sortie de repos est repérée 2
  - la sortie de travail est repérée 4
- Numéro d'ORDRE: les bornes appartenant à un même ensemble de contacts sont affectées du même numéro d'ordre. Les ensembles de contacts différents doivent avoir un numéro d'ordre différent.



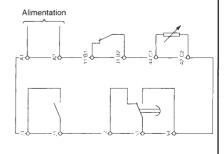




### CÂBLAGE POUR FONCTION BISTABLE (à autocoupure sur enroulement d'appel)



RELAIS avec un contact travail à temps non spécifié et un contact à 2 directions retardé au relâchement (temporisation réglable par potentiomètre extérieur), alimentation permanente et commande par contact d'ouverture



### 2.1.13. REPÉRAGE DES SCHÉMAS NFC 45.252 APPAREILLAGE - REPÉRAGE DES BORNES Bouton-poussoir - Bouton-poussoir Bouton tournant affleurant "F" coup de poing "O + F" -sE-7 4 - Bouton-poussoir - Bouton-poussoir - Bouton tournant affleurant "O" coup de poing "O à serrure "O + F + F" - Bouton-poussoir - Bouton-poussoir - Bouton-poussoir (1) à double lumineux affleurant à double touche touche avec avec vovant lumivovant lumineux. neux. Alimentation Alimentation réduite (130 V) directe - Élément de contact (2) à double adaptable touche sans voyant (1) - Voyant lumineux - Voyant lumineux - Voyant lumineux X1 + à DEL. Alimentation à DEL à DEL avec Alimentation réduite transformateur directe incorporé - Contacteur - Contacts auxiliaires Contacts auxiliaires (): montage de associés l'additif à droite du contacteur Contacts auxiliaires instantanés avec repérage conforme à la norme EN 50012 1 "F" + 1 "O" - Contacts auxiliaires instantanés étanches - Contacts auxiliaires temporisés Contact Contact temporisé temporisé au travail au repos 2"F" étanches 2"F" étanches 2"F" +2"F" étanches - Relais à maximum - Relais thermique - Disjoncteurs-moteurs de courant magnéto-thermiques - Sectionneurs - Sectionneur avec dispositif - Sectionneurs

contre la marche en monophasé

Tripolaire

Tripolaire + N

98 8

Tripolaire + N

	Lettre	Sorte d'élément	Exemples	
	A	Ensembles, sous-ensembles fonctionnels.	Amplificateur à tubes ou à transistors, amplifica- teur magnétique, laser, maser. Variateur électro- nique. Automate programmable.	
	В	Transducteurs d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique ou vice versa.	Couple thermo-électrique, cellule thermo-élec trique, cellule photo-électrique, dynamomètre élec trique, transducteur à cristal, microphone, tête de lecture, synchro-transmetteur.	
	С	Condensateurs.		
- 19	D	Opérateurs binaires, dispositifs de temporisation, dispositifs de mise en mémoire.	Opérateur combinatoire, ligne à retard, bascule bistable, bascule monostable, enregistreur, mémoire magnétique, enregistreur sur bande ou su disque.	
	E	Matériels divers.	Éclairage, chauffage, éléments non spécifiés dans ce tableau.	
	F	Dispositifs de protection.	Coupe-circuit à fusible, limiteur de surtension, parafoudre.	
H	G	Générateurs (dispositifs d'alimentation).	Génératrice, alternateur, convertisseur rotatif de fréquence, batterie, oscillateur, oscillateur à quartz.	
	Н	Dispositifs de signalisation.	Avertisseurs lumineux et sonores.	
	J			
	K	Relais et contacteurs.		
REPÉRAGE	L	Inductances.	Bobine d'induction, bobine de blocage.	
D'IDENTIFICATION DES	M	Moteurs.		
ÉLÉMENTS	N			
	Р	Instruments de mesure, dispositifs d'essai.	Appareil indicateur, appareil enregistreur, compteur, commutateur horaire.	
	Q	Appareils mécaniques de connexion pour circuits de puissance.	Disjoncteur, sectionneur.	
	R	Résistances.	Résistance réglable, potentiomètre, rhéostat, shunt, thermistance.	
	s	Appareils mécaniques de connexion pour circuits de conduite.	Auxiliaire manuel de commande, bouton poussoir, interrupteur fin de course, sélecteur, cadran téléphonique, étage de connexion.	
	Т	Transformateurs.	Transformateur de tension, transformateur de courant.	
	U	Modulateurs, convertisseurs.	Discriminateur, démodulateur, convertisseur de fréquence, codeur, convertisseur redresseur, onduleur autonome, translateur télégraphique.	
7 (=1/)	v	Tubes électroniques, semi-conducteurs.	Tube à vide, tube à gaz, tube à décharge, lampe à décharge, diode, transistor, thyristor.	
	w	Voies de transmission, guides d'onde, antennes.	Bretelle (conducteur de renvoi), câble, jeu de barres, guides d'onde, coupleur directif de guide d'onde, dipôle, antenne parabolique.	
	X	Bornes, fiches, socles.	Fiche et prise de connexion, clips, fiche d'essai, plaquette à bornes, sortie à souder.	
-471	Y	Appareils mécaniques actionnés électriquement.	Frein, embrayage, électrovalve pneumatique.	
- 44	Z	Charges correctives, transformateurs différentiels, filtres, correcteurs, limiteurs.	Équilibreur, compresseur/extenseur, filtre à cristal.	
		tours.		

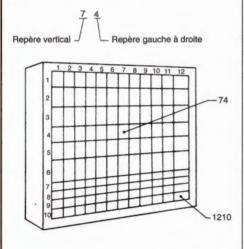
	LETTRES REPÈRES POUR L'IDENTIFICATION DES FONCTIONS GÉNÉRALES
١	(Pour composition du bloc 3C)

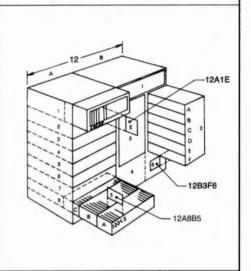
Lettre repère	Fonction générale	Lettre repère	Fonction générale				
A	Auxiliaire.	N	Mesure				
В	Direction de mouvement (avant,	P	Proportionnel.				
	arrière, lever, baisser, dextrorsum,	Q	Démarrage, d'arrêt, de fin de course. Réarmement, effacement.				
С	sinistrorsum).	R					
D	Comptage numérique.  Différentiel.	S	Mise en mémoire, enregistrement.				
E	Differentiel.	Т	Temporisation.				
F	Protection.	U					
G	Essai.	V W	Vitesse (accélération, freinage) Additionneur.				
Н	Signalisation.						
j	Intégration.	X	Multiplicateur.				
K	Approche (exemple : mise à niveau).	Υ	Analogique.				
	Approche (exemple : Illise a liveau).	Z	Numérique.				
M	Principal.		-				

EXEMPLE DE REPÉRAGE D'EMPLACEMENT NUMÉRIQUE

### EXEMPLE D'UN CODE DE REPÉRAGE DE L'EMPLACEMENT

REPÉRAGE D'IDENTIFICATION DES ÉLÉMENTS





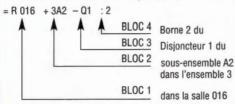
### **DISPOSITION DES BLOCS D'INFORMATION**

Des symboles distincts sont utilisés pour différencier les blocs d'information 1, 2, 3 et 4. =, +, - et :

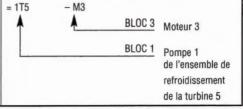


## Exemples:

a) Repère d'identification complet dans lequel la subdivision essentielle sert à indiquer l'emplacement.



b) Repère d'identification dans lequel la subdivision essentielle sert à indiquer le RÖLE de l'élément dans un équipement complet.



### **EXEMPLE DE RÉALISATION D'UN ÉQUIPEMENT**

### **CAHIER DES CHARGES:**

- L'équipement à étudier correspond à l'installation électrique d'un magasin, il comprend :
- 1) un circuit de chauffage par résistances électriques de 11 kW (commande par thermostat) ;
- 2) un circuit de ventilation assuré par un moteur asynchrone triphasé rotor à cage de 2,2 kW à démarrage direct ;
- 3)un circuit d'ouverture et de fermeture du rideau de protection assuré par un moteur asynchrone triphasé rotor à cage de 0,75 kW à démarrage direct;
- 4) un circuit d'éclairage d'une puissance totale de 4 kW.
- L'alimentation de l'ensemble se fait sous 3 x 400 V 50 Hz.
- L'ensemble du matériel sera monté dans un coffret.
- La commande et la signalisation de (1), (2), (4) seront montées sur la porte du coffret.
- La commande de (3) sera placée à proximité du rideau.

### ANALYSE DE L'ORGANISATION DE L'INSTALLATION. Elle peut se faire sous la forme du tableau suivant :

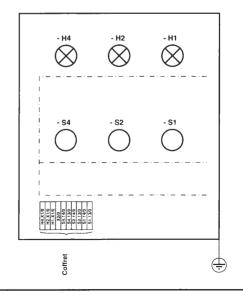
0	ISOLEMENT ET	QO	SOUS-ENSEMBLE			
ı			1	2	3	4
3 x 40	DO V + N GÉNÉRALE 18 kW		.4	.4	4	.4
50 Hz	DISJONCTEUR MAGNÉTO- THERMIQUE DIFFÉRENTIEL		3	3	3	
1	ISOLEMENT 1 ET PROTECTION DES SOUS-ENSEMBLES		SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q1 FUSIBLE gG20	SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q2 FUSIBLE aM6	SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q3 FUSIBLE aM4	SECTIONNEUR TÉTRAPOLAIRE Q4 FUSIBLE gG10
2	2 APPAREILS DE COMMANDE		CONTACTEUR TRIPOLAIRE KM1 (AC 1)	CONTACTEUR TRIPOLAIRE KM2 (AC 3)	CONTACTEUR INVERSEUR TRIPOLAIRE KM31-KM32 (AC 3)	CONTACTEUR TÉTRAPOLAIRE KM4 (AC 1)
3	3 APPAREILS DE PROTECTION			RELAIS THERMIQUE TRIPOLAIRE F2 RÉGLÉ À 5 A	RELAIS THERMIQUE TRIPOLAIRE F3 RÉGLÉ À 2 A	
4	4 CONNEXIONS		BORNIER X1	BORNIER X1	BORNIER X1	BORNIER X1
5	5 RÉCEPTEURS		CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE E1 11 kW	VENTILATEUR M2 2,2 kW	RIDEAU M3 0,75 kW	ÉCLAIRAGE E4 4 kW

### **IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS**

### **COFFRET** (vue avant)

# Q10 - Q11 - Q0 - Q1 - Q2 3 gG20 3 aM6 3 aM4 3gG10 - KM1 - KM31 - KM32 - KM4 KM2 - F2 - F3 /entilateur

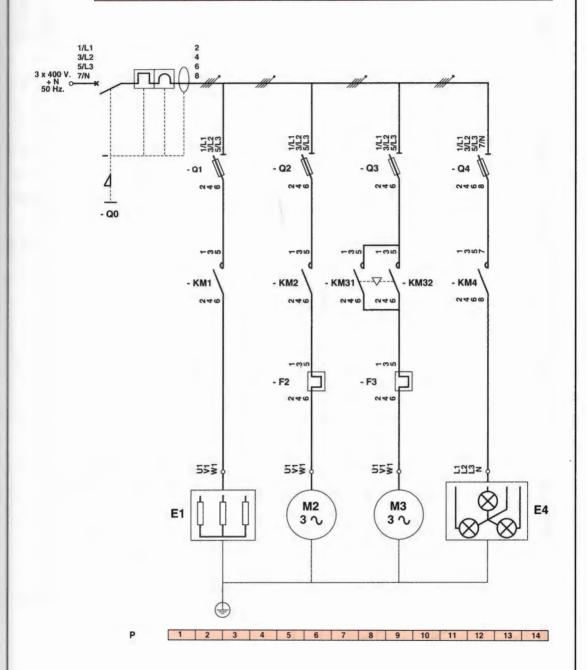
### PORTE (vue arrière)

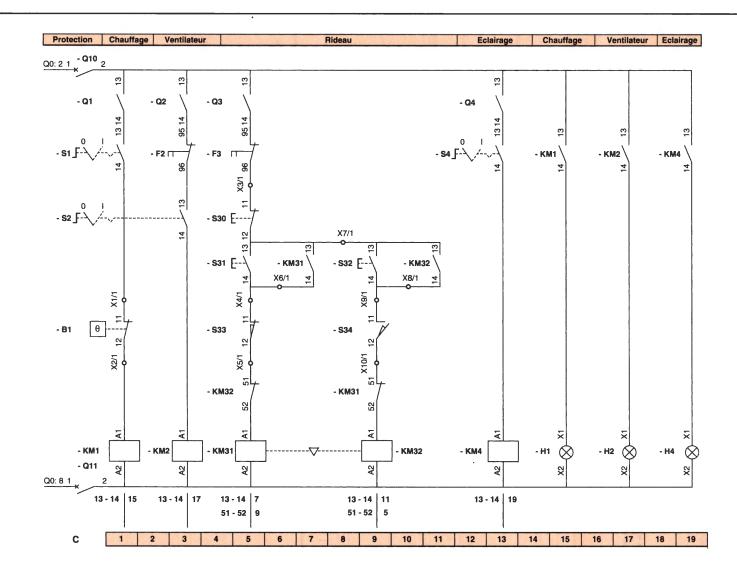


### SCHÉMA DU CIRCUIT DE PUISSANCE (Représentation unifilaire)

Étant donné l'absence de démarrages complexes, la représentation unifilaire a été adoptée pour le circuit « PUISSANCE »

Protection Générale Chauffage 11 kW Ventilateur 2,2 kW Rideau 0,75 kW Éclairage 4 kW





HOLL	S	ITUATIO	ON			ntacts)			SITUATIO	)N	C (HID) HINLS		ritutioi ntacts)	
IDENTIFICATION	IDENTIFICA Tableau d'ana- hyse Puissance Commande	Command Comman		Puissance Commande d'ana-		Puissance	Commande	IDENTIFICATION	Tableau d'ana- lyse	Puissance	Commande	DÉSIGNATION	Puissance	Commande
00		D4		Disjoncteur tétrapolaire	45		Q3	13	P9	C5	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3 aM4)	3F	1F	
Q0	0	P1	-	Détecteur magnétother- mique différentiel tétra- polaire	4F	-	KM31 KM32	23	P8 P9	C5 C9	Contacteur inverseur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F 3F	(1°0"+1F	
Q1	11	P2	C1	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3gG 20)	3F	1F	F3	33	P9	C5	Relais thermique tripo- laire réglé à 2 A	-	1 "0"	
KM1	21	P2	C1	Contacteur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F	1F	S30	-	_	C5	Bouton poussoir « arrêt » rideau	-	1 "0"	
S1	-	-	C1	Interrupteur de com- mande du chauffage	-	1F	S31	-	-	C5	Bouton poussoir « descente » rideau	1F	-	
B1	-	-	C1	Thermostat d'ambiance	-	1 "0"	S33	-	-	C5	Fin de course « descente » rideau	-	1 "0"	
E1	51	P2	-	Résistance de chauf- fage 11 kW	-	-	S32	-	-	C9	Bouton poussoir « montée » rideau	1F	-	
H1	-	-	C15	Signalisation chauffage	-	-	S34	-	-	C9	Fin de course « montée » rideau	-	1 "0"	
Q2	12	P6	СЗ	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3 aM6)	3F	1F	МЗ	53	P9	-	Moteur asynchrone tripolaire 0,75 kW 200/400 V	-	-	
KM2	22	P6	СЗ	Contacteur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F	1F	Q4	14	P12	C13	Sectionneur tétrapolaire porte-fusibles (3gG 10)	4F	1F	
F2	32	P6	СЗ	Relais thermique tripo- laire réglé à 5 A	-	1 "0"	KM4	24	P12	C13	Contacteur tétrapolaire bobine 230 V 50 Hz	4F	1F	
S2	-	-	СЗ	Interrupteur de com- mande du ventilateur	-	1F	S4	-	-	C13	Interrupteur de com- mande éclairage	-	1F	
M2	52	P6	-	Moteur asynchrone tri- phasé à cage à 2,2 kW, 230/400V	-	-	E4	54	P12	-	Éclairage 4 kW	-	-	
H2	-	-	C17	Signalisation du ventila- teur	-	-	H4	_	-	C19	Signal éclairage 4 kW	-	-	
							X/0/1 /2/3	4	_	-	Bornier coffret (37)	-	=	
							X/0	-	_	-	Bornier porte (10)	_	-	

### 2.2. LES SYMBOLES PNEUMATIQUES ET HYDRAULIQUES

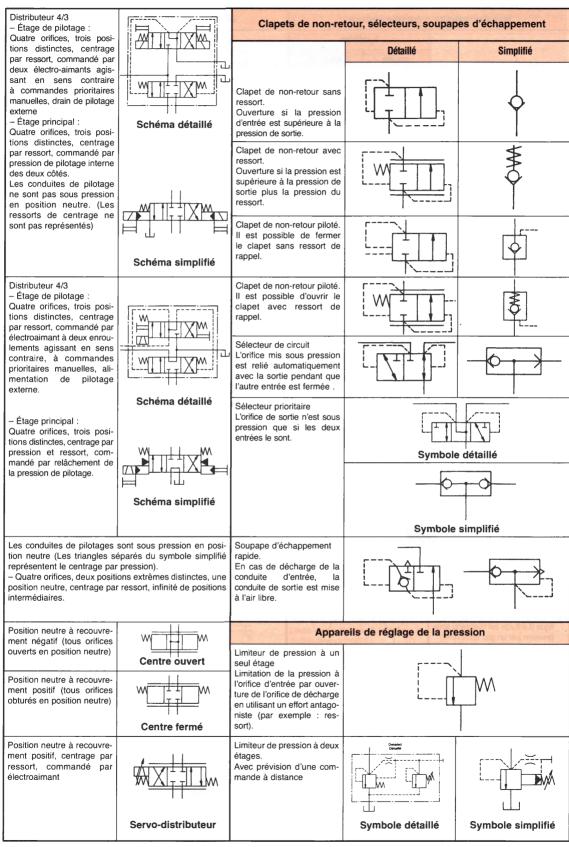
# 2.2.1. FONCTIONS DE RÉGULATION, DE MESURE ET D'AUTOMATISME DES PROCESSUS INDUSTRIELS ISO 1219-1 NEE 04-05

DES PROCE	ESSUS INDUSTRIE	LS	ISO 1219-1 NFE 04-056
Conduite du travail. Conduite de pilotage d'alimentation. Conduite de retour Conduite électrique	trait continu	Conduite de pilotage (com- mande intérieure et extérieure). Conduite de récupération des fuites, de purge ou de décharge. Filtre. Positions intermédiaires.	trait interrompu
Réunion de deux ou plusieurs fonctions relevant d'une même unité de montage.	trait mixte	Liaisons mécaniques (arbre, levier, tige de piston)	trait double
Appareils de transformation de l'énergie (pompe, compresseur, moteur).	Cercle	Appareils de mesure	Cercle S
Clapet de non-retour Raccord rotatif Articulation Galet (avec un point au centre).	Cercle E	Moteur ou pompe à angle de rotation limité	Demi- cercle
Organes de commande Moteur d'entraînement autre qu'électrique.	Carré	Appareil de conditionnement (filtre, séparateur, lubrificateur, échangeur de chaleur)	Carré sur pointe
Poids dans un accumulateur.	Carré 1/2 l <sub>1</sub>	Vérin Distributeur	Rectangle
Piston.	Rectangle	Certains modes de commande.	Rectangle
Amortissement dans un vérin	Rectangle	Réservoir.	Demi- rectangle
Réservoir sous pression Réservoir d'air Accumulateur Bouteille de gaz auxiliaire.	2/ <sub>1</sub> capsule	Donne le sens de l'énergie transmise par le fluide et la nature du fluide : – Plein : hydraulique – Vide : pneumatique	Triangle 121
Indication de mouvement rec- tiligne Passage et sens des flux dans les soupapes ou distributeurs Sens du flux thermique.	Flèches droites ou obliques	Mouvement rotatif, la flèche est supposée se trouver sur le côté le plus proche de l'arbre.	Flèches incurvées
Les figures de droite ne sont données qu'à titre d'exemples et non comme symboles.	e e flèches incurvées	Possibilité de réglage ou d'ajustement d'une pompe, d'un ressort, d'un électro- aimant, etc.	Flèche oblique longue
Signes de fonction divers.	Yoie ou orifice fermé	Signes de fonction divers	Commande élec- trique linéaire de sens opposé. Indication de température ou de réglage de tempéra-
Entraînement Ressort	M WV	Étranglement. Symbole simplifié du siège de clapet non-retour	90°
Raccordements	1 1.	Croisement sans connexion conduits flexibles reliant des	+

		0.26 - 117 - 1 - 112 - 112 - 112	
- Purges d'air		Orifices d'évacuation d'air	
	Continue Temporaire		Lisse, non connectable
- Purges d'air		- Raccord rapide auto-obtu-	<del></del>
		rant (ouvert mécanique- ment)	
			Sans clapet de non-retour
- Raccord rapide auto-obtu-	area commonen	- Raccordement d'angle et	
rant (ouvert mécanique-	1000 100 100 100 100 100 100 100 100 10	raccordements rotatifs.	
ment)			A un raccord A trois raccords
	Avec clapet non-retour	<u> </u>	concentriques
<ul> <li>Les flèches des unités variables peuvent être pro-</li> </ul>		<ul> <li>Éléments mécaniques :</li> <li>Tige : mouvement rectiligne</li> </ul>	Tige
longées et incurvées pour		bi-directionnel.	Arbre
incorporer les éléments de	일	Arbre : mouvement rotatif bi-directionnel.	Maintien
commande.		Dispositif de maintien en position	en position
<ul> <li>Dispositif de verrouillage pour blocage d'un mécanisme. Le</li> </ul>	★	- Basculeur. Empêche l'immobilisation	
déverrouillage se fait par une	\ \	d'un appareil au point mort	
commande indépendante. *Indiquer le symbole de commande.			
MODES DE COMMANDE	Les symboles à multiples à les		
- Commande manuelle	H H	– Commande manuelle	\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \
	Symbole Bouton général poussoir		Bouton- Bouton-poussoir tirette tirette
- Commande manuelle	0 7 -	- Commande manuelle	
		(deux sens de fonctionnement)	7
	_		J
	Levier Pédale		Pédale double effet
Commande mécanique	T # "	- Commande mécanique	
	_ / _		
	Poussoir à Poussoir course variable		Ressort Galet
- Commande électrique		- Commande électrique	
	A un A deux enroule- ments agissant enroulement en sens contraire		A deux enroule- ments à action Moteur progressive. électrique
- Commande directe par pres-	<u> </u>	- Commande directe par pres-	
sion (par baisse ou application)		sion (par aires d'influence opposées)	
1011)			
Commande directe par voie intérieure de commande		<ul> <li>Commande directe par voie extérieure de commande.</li> </ul>	r
interieure de commande		exterieure de commande.	
	T		
- Commande pilotée (indi-	<u> </u>	- Commande pilotée (indi-	
recte) par application d'une		recte) par baisse de la pres-	
pression pneumatique à un étage de pilotage.	2	sion.	
- Commande pilotée (indi-		- Commande pilotée (indi-	
recte) par application d'une		recte) par commande bi-éta-	
pression hydraulique à deux		gée, par exemple électro-	
étages successifs de pilotage		aimant et pilote pneumatique.	1
- Commande pilotée (indirecte)		- Commande pilotée (indi-	,,,,,
par commande bi-étagée, par exemple pilotage pneumatique		recte) par commande bi-éta- gée. Par exemple électro-	
puis pilotage hydraulique.	<u> </u>	aimant et pilote hydraulique.	

Commande par rétro-action externe (symbole général)		Règles d'application des sy tiples dans les symboles cor		
Commande par rétroaction interne.  La liaison mécanique de la partie mobile de la construction (transformateur d'énergie commandé) avec la partie mobile de l'appareil de commande est représentée par les		Les symboles des modes de contrôle monodirectionnels sont placés à côté du symbole de l'élément commandé de manière que les forces imaginaires agissant sur le signe, semblent placer l'élément dans une autre position.		
symboles décrits dans ce chapitre.  On compare la valeur requise et la valeur mesurée de la grandeur contrôlée, à l'intérieur de l'appareil.		Dans le cas de distributeurs à trois positions ou plus, la commande des positions intérieures peut être expli- citée par prolongement des limites	<u> </u>	
Transformation et conservation	on de l'énergie	du symbole du distributeur vers le haut ou vers le bas et addition du		
Pompe hydraulique  Moteur pneumatique	<b>\( \)</b>	symbole de commande approprié Si cela ne gêne pas la compréhen- sion, les symboles des éléments de commande de la position cen- trale d'un distributeur à trois posi-	2 MX LIIM	
woteur prieumanque	<b>\rightarrow</b>	tions peuvent être dessinés sur le côté des rectangles extérieurs  Si l'élément commandé est centré au point mort, dessiner deux tri- angles distincts (5.4.1.1 ou 5.4.1.2)		
Compresseur	=	aux deux extrémités extérieures  Les symboles simplifiés n'indiquent généralement pas les conduites internes de pilotage et de récupération des fuites des éléments à commande indirecte		
Exemple de pompe hydraulique à un sens de flux, à cylindrée fixe et à un sens de rotation.	$\Diamond$ =	Lorsqu'un dispositif à commande indirecte ne comporte qu'une seule conduite externe de pilotage et/ou de récupération des fuites, elle n'est représentée qu'à une extrémité	M 1 1	
Moteur hydraulique à un sens de flux, à cylindrée variable, à com- mande indéfinie, à drain, à un sens de rotation, à deux bouts d'arbre.	=======================================	du symbole simplifié. Les systèmes de pilotage et/ou de drain sup- plémentaires peuvent éventuelle- ment être représentés à l'autre extrémité. Les symboles figurant sur les matériels doivent indiquer toutes		
Moteur pneumatique à un sens de flux alterné, à cylindrée fixe, et à deux sens de rotation.	$\phi$ =	les connexions externes  En commande parallèle (OU), les symboles des commandes doivent être indiqués l'un à côté de l'autre,		
Pompe-moteur hydraulique à un sens de flux, à cylindrée fixe, à un sens de rotation.		par exemple l'électroaimant ou le bouton poussoir peut actionner le distributeur indépendamment. En commande en série (ET), les		
Pompe-moteur hydraulique à deux sens de flux, à cylindrée variable, à commande manuelle, à drain et à deux sens de rotation.		symboles des étages de com- mande successifs sont représen- tés en ligne, par exemple l'élec- troaimant actionne le distributeur pilote qui actionne à son tour le distributeur principal		
Actionneur oscillant pneumatique à angle de rotation limité (exemple vérin) à deux sens de rotation.		Les dispositifs de maintien en posi- tion doivent être dessinés avec le même nombre de cases et dans le même ordre que l'élément com- mandé. Les encoches ne sont représentées que dans les positions		
Variateur hydraulique à un sens de rotation et pompe à cylindrée variable.	$+ \emptyset \bigcirc +$	d'immobilisation. Dessiner le symbole du poussoir dans la position correspondant à l'unité représentée	J <sub>H</sub>	
Pompe variable à compensation de pression, à un sens de rotation, à ressort réglable et à drain.		Pompe-moteur à cylindrée variable à deux sens de rotation, ressort centré sur cylindrée zéro, à pilo- tage extérieur et à drain.	M M M M M M M M M M M M M M M M M M M	

Transformateurs	d energie line	aire	Distribution	et régulation de l'	energie	
	Syn	nboles		Sym	boles	
	détaillé	simplifié		détaillé	simplifié	
Vérin pneumatique à simple effet en course aller avec rappel par force non définie, à simple tige ; évacuation à l'air libre	F	F	Deux orifices, fermé en position de repos, à passage variable.	#	Image: Control of the	
Vérin hydraulique à simple effet en course retour avec rappel par res- sort, à simple tige, évacuation dans un réservoir			Deux orifices, ouvert en position de repos, à passage variable.	-	ф	
Vérin pneumatique à double effet à double tige.		-	Trois orifices, ouvert en position de repos, à passage variable.	714	Н	
Vérin hydraulique à double effet, à simple tige, à amortisseurs réglables des deux côtés et à rap- port d'aires de piston 2/1.	2:1	2:1	Distributeur 2/2 Robinet d'isolement Deux orifices, deux positions distinctes, à commande manuelle.	H	1	
Vérins télescopiques, pneumatiques à simple effet	<u></u>		Distributeur à un étage de pilotage.  – Étage de pilotage : Quatre orifices, deux posi-			
Vérins télescopiques hydrauliques à double effet.	l'énorgie sués		tions distinctes, com- mandé par électroaimant et ressort de rappel, pres- sion de pilotage résultant de la surface annulaire du piston, drain de pilotage externe.	M	WOILE	
Transformateurs d	renergie spec	laux	- CALCHIO.			
Échangeurs de pression pneuma- tique – hydraulique (1) – à simple effet (2) – continu			- Étage principal :	Surface an Surface du logeme		
Multiplicateurs de pression trans- formant une pression (x) en une pression (y) pour deux types de fluide. (1) – à simple effet		-	Deux orifices, deux posi- tions distinctes, un orifice sous pression dans la sur- face annulaire, un orifice sous pression dans la sur-	L(L-		
(2) – continu	(1)	(2)	face différentielle, rappel par ressort, commandé par relâ-	Surface an		
Conservation	de l'énergie		chement de la pression de pilotage.	Surface du logement du ressort		
Accumulateur en position verti- cale seulement     Accumulateur hydro-pneuma- tique (Le fluide est maintenu sous pression par un gaz comprimé)	(1)	(2)		Surface an	nulaire = 0	
Bouteille de gaz auxiliaire en position verticale seulement.     Réservoir d'air	(1) <u>A</u>	— <u>(2)</u>	Distributeur 3/2, trois ori- fices, deux positions dis- tinctes, une position inter-	W		
Sources	d'énergie		médiaire principale, com- mandé par électroaimant	Dietribu	teur 3/2	
(1) Source d'énergie hydraulique. (2) Source d'énergie pneumatique	(1)	(2)	et ressort de rappel.  Distributeur 5/2 cinq orifices, deux positions distinctes, commandé par		ieur o/2	
(1) Moteur électrique (2) Entraînement non électrique	<u>M</u> =	M	pression des deux côtés.	Distribute	eur 5/2	



Appareils de réglage de	la pression	(suite)	Appareils de rég	lage du débit (sui	te)		
Soupape de séquence.	r,		Réducteurs de débit	Symb	oles		
Un seul étage, réglage par ressort, la sortie soutient la pression, à		, M	compensé	détaillé	simplifié		
drain externe.  Limiteur de pression à commande électrique.			Régulateur de débit série. A débit variable, la flèche sur la conduite du symbole simplifié indique une compensation de pression, sans compensation de température.		**		
Réducteur de pression, détendeur Un seul étage, à réglage par res- sort.			Régulateur de débit série, à compensation de température.	M	*		
Détendeur à deux étages. Deux étages à réglage par ressort pilote, hydraulique, avec rappel par pilote externe  Détendeur avec orifice de décharge Si la pression de sortie est supé-			Régulateur de débit à dérivation sur le réservoir, avec évacuation de l'excédent de débit, sans compensation de température.				
neure à la pression de réglage, il y a décharge à l'air libre, pneumatique.  Appareils de régl	age du débi		Diviseur de débit. Les flèches indiquent une compen- sation de pression.	ш '			
Réducteurs de débit non		boles					
compensé	détaillé	simplifié			4+		
Réducteur de débit réglable sans indication du mode de commande ou de l'état de l'appareil, normale-		. 1	Conservation et conditionnement de l'énergie				
ment sans position de fermeture complète.		7	Réservoirs hydrauliques				
Robinet vanne. Normalement avec une position de fermeture complète.		>>	Réservoir à l'air libre.  A la pression atmosphérique avec conduite de retour débouchant audessous du niveau du fluide, à filtre à air.				
Réducteur de débit réglable com-			Drain ou retour local. Réservoir à l'air libre.		Ш		
mande mécanique par galet, à réglage par ressort.		w	Réservoir fermé sous pression ou étanche, avec conduite audessous du niveau du fluide, sans raccordement à l'air libre.	d	Ь		
			Appareils de	conditionnement			
Clapet freineur.  Avec étranglement réglable, à pas-			Filtres :	^	_		
sage libre dans un sens et pas- sage réduit dans l'autre.		100	(1) Symbole général     (2) A élément magnétique complémentaire	(1)	(2)		
			Filtres : (1) A indicateur de pollution (2) Avec séparateur à commande manuelle	(1)	(2)		
			Purgeurs : (1) A commande manuelle	^	$\wedge$		

Appareils d	e conditionnement (suite	)	Appareils de mesura	ge et indicateurs (	(suite)
(1) Déshydrateur d'air (2) Lubrificateur	(1)	<b></b>	Compteur d'impulsions A remise manuelle au zéro, à signal de sortie électrique	→ Ö =	w
Groupe de conditionnement. Composé d'un filtre, avec séparateur, d'un régulateur de pression, d'un mano- mètre, d'un lubrificateur.	mposé d'un filtre, avec arateur, d'un régulateur pression, d'un manorre, d'un lubrificateur.  Symbole détaillé		Compteur d'impulsions A remise manuelle au zéro, à signal de sortie pneumatique.		T <sub>M</sub>
La flèche verticale repré-			(1) Indicateur de niveau en position verticale     (2) Thermomètre	$\ominus$	
			(1) Indicateur de débit (2) Débimètre (3) Compteur totalisateur	(1)	(2)
Échangeurs de chaleur  (1) Refroidisseur sans indi- cation des conduites de fluide caloporteur  (2) Refroidisseur avec indi- cation des conduites de fluide caloporteur	(1) (2)	$\bigoplus$	(1) Tachymètre (2) Mesureur de couple	(1) (2)	(3)
(3) Réchauffeur (4) Régulateur de tempéra-		->	Autres appareils		
ture.	(3)	$\bigoplus$	(1) Contact à pression Émet un signal électrique à une pression préréglée (2) Contact à limite		<b>M</b>
Appareils de	e mesurage et indicateurs			(1)	2)
Mesurage de la pression (1) Indicateur de pression (2) Manomètre (3) Manomètre différentiel (1)		(3)	(3) Compteur analogique Émet un signal électrique en analogie avec la pression d'entrée.     (4) Silencieux pneumatique Réduit le bruit de sortie	(3)	4)

## 2.3. LES OPÉRATEURS LOGIQUES

NF EN 60.617.12

### 2.3.1. OPÉRATEURS COMBINATOIRES ÉLÉMENTAIRES

#### - Les opérateurs élémentaires et l'algèbre de Boole

#### Définitions :

Variables binaires (entrée): A, B, C... Fonctions logiques (sorties): W, X, Y... Vrai, oui = 1 Faux, non = 0

Table de vérité : elle comporte, 2<sup>n</sup> lignes (n = nombre de variables). Elle donne toutes les possibilités du système logique.

Dans la table de vérité: si A, B, Y... = 1, alors forme directe: A, B, Y... Si A, B, Y... = 0, alors forme inverse, A, B, Y...

Mise en équation directe Y : on prend les équations (ET) des lignes de la table de vérité séparées par des (OU) quand la fonction vaut 1.

Mise en équation inverse  $\overline{Y}$ : on prend les équations (ET) des lignes de la table de vérité séparées par des (OU) guand la fonction vaut 0.

Simplification algébrique : on utilise les théorèmes.

Logigramme : schéma construit à partir de l'équation logique à l'aide des symboles des opérateurs.

Propriétés générales: Commutativité: A. B = B. A; A + B = B + A Associativité: (A. B). C = A. (B. C); (A + B) + C = A + (B + C)

Distributivité : (A . B) + C = (A + C) . (B + C) ; (A + B) . C = A . C + B . C

Axiomes				Théorèmes (permettent les simplifications algébriques)			
OU ET NON			OU ET NON		NON	Transformation de De Morgan	
0 + 0 = 0	0.0=0	<u>0</u> = 1	A + A = A	A . A = A	$\overline{A} = A$	A+B+C+=A.B.C	
0+1=1	0 . 1 = 0	<del>1</del> = 0	$A + \overline{A} = 1$	A . A = 0		$\overline{A \cdot B \cdot C \dots} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \dots$	
1+0=1 1+1=1	1 . 0 = 0 1 . 1 = 1		A + 1 = 1 A + 0 = A	A . 1 = A A . 0 = 0		Transformation valable quel que soit le nombre de variables	

Opérateur	Signe	igne Symbole AFNOR Nb de var. (n) T		Ta	ble de	vérit	é	Équation	Commentaires	
NON (Inverseur)	(-)	A = 1 Y	n = 1	N° 0	A 0 (A) 1 (A)	Y 1 (Y) 0 (Y)	Équati des lignes Ā		Y est vrai pour $\overline{A}$ Y = $\overline{A}$ Y = $A$ barre	Y est l'inverse de A
OU (inclusif)	(+)	A P	n, de 2 à ∞	N° 0 1 2 3	B 0 0 1 1 1	A 0 1 0 1	Y 0 1 1 1 1	Équation des lignes  B. A  B. A  B. A  B. A	<b>Y = A + B Y = A OU B</b>	(Y est faux si toutes les variables sont fausses) Y est vrai dès qu'une variable est vraie
ET	(.)	A & Y	n, de 2 à ∞	N° 0 1 2 3	B 0 0 1	A 0 1 0 1	Y 0 0 0 1	Équation des lignes  B. A  B. A  B. A  B. A	Y n'est vrai que si A ET B sont vraies en même temps Y = A . B Y = A ET B	(Y est faux dès qu'une variable est fausse) Y est vrai si toutes les variables sont vraies
NOR (OU-NON)	(∓)	A ≥1 Y	n, de 2 à ∞	N° 0 1 2 3	B 0 0 1 1 1	A 0 1 0 1	Y 1 0 0	Équation des lignes  B.Ā  B.A  B.A	Y = A + B Y = A OU B le tout barré	Le NOR est l'inverse de OU
NAND (ET-NON)	(-)	A_ & Y	n, de 2 à ∞	N° 0 1 2 3	B 0 0 1 1 1	A 0 1 0 1	Y 1 1 1 0	Équation des lignes  B.Ā  B.A  B.A	Y = A . B Y = A ET B le tout barré	Le NAND est l'inverse du ET
OU (exclusif)	(⊕)	AY	n = 2	N° 0 1 2 3	B 0 0 1	A 0 1 0 1	Y 0 1 1 0	Équation des lignes Bw . Aw Bw . A B . Aw B . A	$\mathbf{Y} = (\overline{\mathbf{B}} \cdot \mathbf{A}) + (\mathbf{B} \cdot \overline{\mathbf{A}})$ $\mathbf{Y} = \mathbf{A} \oplus \mathbf{B}$ $\mathbf{Y} = \mathbf{A} OU$ exclusif $\mathbf{B}$	Y n'est vrai que si exclusive- ment A OU si exclusivement B est vrai

Exemple de mise en équation puis de simplification algébrique : voir la table de vérité du OU logique.

	directe: $Y = \overline{B} \cdot A + B \cdot \overline{A} + B \cdot A$ s 1, 2, 3 de la table)	Mise en équation inverse : $\overline{Y} = \overline{B}$ . $\overline{A}$ (ligne 0 de la table)				
Traitement algébrique	Commentaires des simplifications	Traitement algébrique	Commentaires			
$Y = \overline{B} \cdot A + B \cdot (\overline{A} + A)$	Factorisation par B	$\overline{Y} = \overline{A + B}$	Transformation de de Morgan			
$Y = \overline{B} \cdot A + B \cdot 1$	d'après le théorème : A + A = 1 d'après le théorème : B . 1 = B	Y = A + B	Suppression des barres de part et d'autre du signe égal.			
$Y = \overline{B} \cdot A + B$	Distributivité en OU (N'est valable qu'en algèbre de Boole).					
$Y = (\overline{B} + B) \cdot (A + B)$	d'après le théorème : B + B = 1		Remarque			
Y = 1 . (B + A)	d'après le théorème : 1 . (B + A) = A + B		Pour la mise en équation, on choi- sit la forme utilisant le moins de			
Y = A + B			termes. Ici c'est la mise en équation inverse.			

2.3.2. OPÉ	RATEURS À R	ETARD			NF EN 60.617
	Opérateur à retard (symbole général)	x 4-t2 s	Opérateur à retard avec indication des valeurs des retards		Opérateur à retards égaux variables
	Si les 2 retards sont égaux, cette valeur unique n'est indiquée qu'une seule fois		Opérateur à retards variables	x-1-3-5 0-5	Exemple à retard variable à deux sorties complémentaires
2.3.3. OPÉ	RATEURS SÉC	QUENTIELS			NF EN 60.617
X S	Mémoire binaire à ins- cription prioritaire $S = X + S\overline{Y}$ $\overline{S} = (Y + \overline{S})\overline{X}$	X	Mémoire binaire à effacement prioritaire $S = (X + S) \overline{Y}$ $\overline{S} = Y + \overline{SX}$	<b>A</b>	Mémoire binaire à entrées simultanées actives (état 0 à 1)
	Mémoire binaire à entrées simultanées actives (état 1 à 0)	<del></del>	Mémoire binaire à 2 entrées simultanées passives	1 0	Mémoire binaire à entrées simultanées incompatibles
11	Mémoire binaire à en- trées simultanées incompatibles	X - 5	Mémoire binaire à inscription prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation	X 5 Y 5	Mémoire binaire à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation
	Mémoire binaire à l'état la réapparition des co tation momentanément	nditions d'alimen-	*	cas de simultanéite inscription prioritair	inscription prioritaire en é des deux entrées et à re à la réapparition des entation momentané-
*	Mémoire binaire à sortie lors du changement simu l'état 1 des deux entrées ritaire à la réapparition d mentation momentanéme	ultané de l'état 0 à et à inscription prio- es conditions d'ali-	→ <u>1</u> → <u>1</u>	cas de simultanéite effacement priorit des conditions d'a	inscription prioritaire en é des deux entrées et à aire à la réapparition alimentation momenta- s (en l'absence des
0	Mémoire binaire à sortie lors du changement simi l'état 0 des deux entrée des sorties maintenu à la conditions d'alimentat ment disparues.	ultané de l'état 1 à es et à l'état initial a réapparition des		cas de présence entrées et à effac	sorties inchangées en simultanée des deux cement prioritaire à la onditions d'alimentation disparues.
	Mémoire binaire à sorties de présence simultanée de à état initial des sorties ét à la réapparition des contation momentanément di	les deux entrées et galement maintenu onditions d'alimen-		lequel les états	liviseur binaire). re à une entrée pour des parties changent ée passe à l'état dyna-
1	Bascule bistable avec remise à un.	remise à zéro et		maintenues lors of	avec état des sorties de la réapparition des entation momentané-
— <del>[</del> -	Opérateur monostable monocoup	<u>-</u>	Opérateur astable (oscillateur binaire) symbole général	-[	Opérateur à seuil (bascule de Schmitt)
$X - \begin{bmatrix} D \\ g \end{bmatrix} - S$	Amplificateur pour sché- ma logique (convertis- seur de niveaux) S = X	X—DD-S	Amplificateur avec inversion pour négation logique $S = \overline{X}$	X—rtr_S	Opérateur astable commandé

2.3.4. ENTI	RÉES ET SO	RTIES DIVERSE	S		NF EN 60.617
<b>⊙</b> —[		Entrée d'alimentation (symbole général)	© 8	•===	Opérateur combi- natoire ET avec une entrée d'alimentation
9		Opérateur mémoire bis- table avec entrée d'ali- mentation	*		
2.3.5. ALIM	IENTATION E	T ÉCHAPPEME	NT		NF EN 60.617.1
(1)	(2)	(1) propagation du signal (2) propagation d'une autre grandeur	<b>→</b>		Positionnement des différents types de propagation
<b>*</b>	*	Autres modes de posi- tionnement de propaga- tion	<b>→</b>	<b>→</b>	
	Ď	Symbole général d'ali- mentation et d'échappe- ment ouvert			Symbole général d'ali- mentation et d'échap- pement avec bran- chement
. MPa		Pressions différentes d'alimentation avec indi- cations des valeurs	-&-	1	Fonction active ET à deux entrées et échap- pement ouvert
<b>♦</b>	•	Fonction active OU à trois entrées et orifices d'échappement avec branchement		<b>→</b> (1)	Amplificateurs avec alimentation et orifice d'échappement (fonctions inversées) (1)
***		Fonction active ET, à 2 sorties complémentaires	<b>♦</b>		Fonction active OU, à 2 sorties complémentaires
2.3.6. EXE	MPLES D'ÉLI	ÉMENTS BISTAE	BLES		NF EN 60.617.1
	Symbole de base a tation et d'échappe	vec addition d'une alimen- ment ouverts	•	,	se avec alimentation et pement connecté
•	initial en cas de sim et lors de la réappa mentation moment	maintenant dans son état ultanéité des deux entrées arition des conditions d'ali- tanément disparues et téchappement ouverts	× × × × × × × × × × × × × × × × × × ×	maintenant dans simultanéité des réapparition des momentanémen	e à une seule sortie, se s son état initial en cas de deux entrées et lors de le conditions d'alimentation t disparues et avec ali appement avec branche
2.3.7. SYME	BOLES PART	ICULIERS POUR	MODULE	S PAS À P	AS NF EN 60.617.2
-	Module type SR	Opérateurs module PAS à PAS qui désactive seulement le module précédent	4	Module type SR	Opérateurs module PAS à PAS qui désactive tous les modules précédents
	Module type in/out			Module type in/out	

# 2.4. SYMBOLES ET CONVENTIONS POUR LES ORGANIGRAMMES

- Symboles graphiques à utiliser dans les organigrammes pour les systèmes de traitement de l'information, y compris les systèmes de traitement automatique des données.
- Fixation des conventions relatives à la disposition des symboles dans les organigrammes.

## 2.4.1. ORGANIGRAMME DES DONNÉES

NFZ 67.010

- Il représente l'évolution, dans un système de traitement, des informations entrant dans un problème donné.
- Il représente les opérations subies par les données ainsi que les différents types de supports physiques nécessaires pour effectuer ces opérations.
- Il documente l'analyse globale du problème à traiter.
- Il est constitué par : des lignes de liaison,
  - des symboles d'information, des symboles de traitement, des symboles auxiliaires.
- Il permet aussi de distinguer clairement les opérations manuelles, les opérations propres à l'ordinateur et les autres opérations automatiques ainsi que les différents supports physiques.

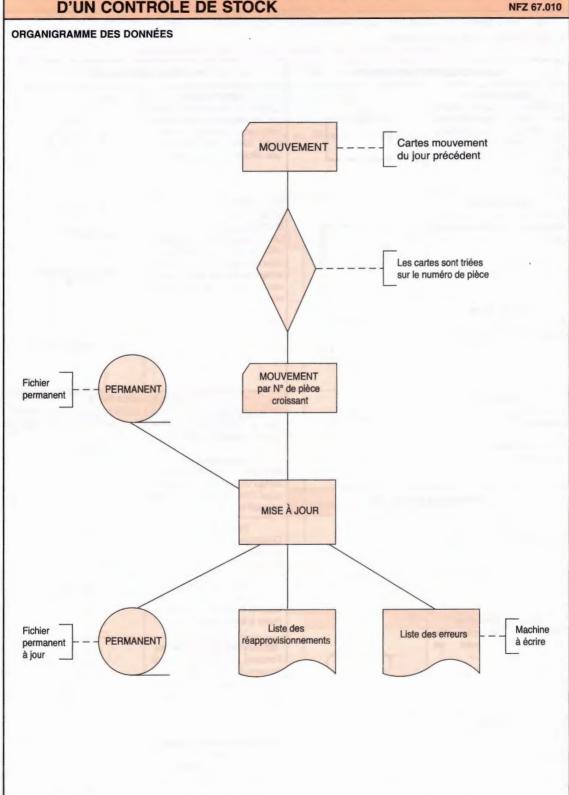
SYME	OLES D'INFORM	MATIONS	SYMBOL	ES DE TRAITEMENT	
Symbole général « informati Utilisé lorsqu'il n'existe pa symbole particulier.	ion » as de		Symbole général « traitement »		
Carte perforée	Do	cument imprimé	Fusion	Séparation	
Bande perforée	Pr	aquet de cartes	Interclassement ou assortiment	Tri	
Tambour magnétique	Ва	nde magnétique	Entrée manuelle	Opération manuelle	
			LIGNES I	DE LIAISON	
				-5	
Sortie illustrée	Dis	eque magnétique	Transfert d'information	Transmission	
			SYMBOLES SPÉCIAUX		
<b>←</b>			0	[	
Document d'entrée Document de sortie Fichie		Fichier	Renvoi	Commentaire	

## 2.4.2. ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION

NFZ 67.010

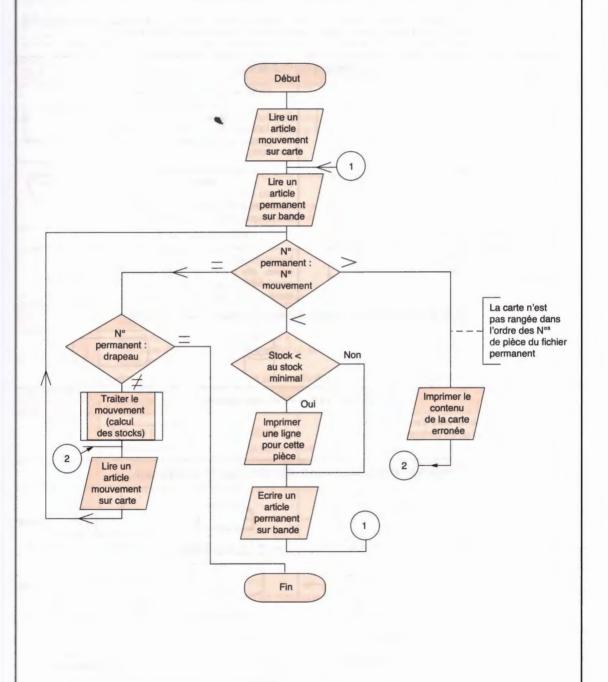
- Il décrit l'enchaînement des opérations apparaissant dans un programme de calculateur.
- Il est constitué : des lignes de liaison,
  - des symboles de traitement, des symboles logiques, des symboles auxiliaires.

- des symb	oles de traitement, des symbole	es logiques, des symboles auxilia	aires.		
SYMBOLES DE	TRAITEMENT	SYMBOLES LOGIQUES			
Symbole général Opération ou groupe d'opéra- tions portant sur des données, instructions, etc. ou opérations pour lesquelles un symbole par- ticulier n'est pas défini dans la norme.		Embranchement Exploitation de conditions varia- bles impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs. Couram- ment utilisé pour représenter une décision ou un aiguillage.	$\Diamond$		
Portion de programme consi- dérée comme une simple opé- ration.		Mode synchrone Mode parallèle Mode asynchrone Utilisé lorsqu'une ou plusieurs voies doivent l'avoir atteint avant qu'une ou plusieurs voies qui en sortent soient utilisées en paral- lèle ou suivant un ordre quel-	Deux exemples :		
Entrée - Sortie Mise à disposition d'une infor- mation à traiter ou enregistre- ment d'une information traitée.		. conque.			
Préparation Opération qui détermine partiellement ou complètement la voie à suivre dans un embranchement ou un sous-		SYMBOLES RÉSERVÉS Si l'on veut utiliser des symboles supplémentaires, il faut prendre soin de n'utiliser aucun de ceux qui suivent dans un sens différent de celui indiqué ci-dessous :			
programme.  SYMBOLES SPÉCIAUX		Opération auxiliaire Opération périphérique exécutée sur un appareil qui n'est pas sous contrôle direct de l'unité centrale de traitement.			
Renvoi			_		
Ce symbole est utilisé deux fois pour assurer la continuité lorsqu'une partie de ligne de liaison n'est pas représentée.	0	Fichier de cartes Ensemble d'enregistrements apparentés sur cartes per- forées.			
Début, fin, interruption		Mémoire à ferrite Fonction d'entrée-sortie pour laquelle le support est une mé- moire à ferrite magnétique			
Début, fin ou interruption d'un organigramme, point de contrôle, etc.		Mémoire extérieure au système Fonction de conservation de l'information à l'extérieur du système, quel que soit le sup- port sur lequel cette information est enregistrée.			
Commentaire  Ce symbole est utilisé pour donner des indications marginales.	[	Mémoire intérieure au système Support ou fonction d'entrée- sortie utilisant un type quel- conque de mémoire intérieure au système.			



#### TRAITEMENT SIMPLIFIÉ D'UN CONTRÔLE DE STOCK ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION

L'exemple simplifié de la page précédente comporte un symbole de traitement « mise à jour ». Une solution possible pour cette mise à jour est représentée ci-dessous. L'organigramme lui-même peut prendre plusieurs formes. Cette variante a été volontairement retenue, en vue de faire apparaître un maximum de symboles de la norme.



### 2.4.4. ORGANIGRAMME POUR LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

NFZ 67.011

- Le schéma fonctionnel est une représentation des fonctions attribuées aux différents éléments physiques composant un ensemble de traitement de l'information et des relations entre ces éléments.
- Il est constitué par : des symboles d'éléments dont le but est de représenter une unité physique par sa fonction essentielle ;
  - des lignes de liaison représentant une connexion physique ou une ligne de transmission susceptible de permettre des transferts d'information dans les sens indiqués par les flèches;

			est de faciliter l'écriture			anigramme	١.
		SYMBOLES	D'ÉLÉMENTS				
Unité physique de traiter (Processing Unit) Représente une unité physique d'effectuer un traitement arithm logique (unité principale ou cen calculateur).	e capable nétique ou		Unité de traite (Auxiliary pro Représente une un mais fonctionnant se autre unité de tra connecté).	ocessing L ité comme ous le cont	Init) ci-contre rôle d'une		
Unité auxiliaire (Auxiliary Unit) Unité physique capable d'effections programment.			Unité de commutation (Switch) L'un ou l'autre de ces symboles représente une unité physique de commutation programmée ou manuelle.			$\triangle$	$\nabla$
Mémoire principale (Main storage) Mémoire adressable la plus rap l'unité principale (ou centrale) e nence.	oide liée à			oas néces manence	sairement (unité de		$\Box$
MÉMO	DIRES AUX	(ILIAIRES PARTICU	LIÈRES (Spécific au	xiliary sto	rages)		
Unité de bande magnétic	que	Unité à disques			Tami	oour	
	N	IOYEN D'ENTRÉE S	ORTIE (Input-Outpu	t)			
Représente tout organe ou uni Par exemple un lecteur ou un p							
моу	ENS D'EN	ITRÉE-SORTIE PAR	TICULIERS (Spécific	Input-Ou	tput)		
Unité de bande magnét, Amovible	Unité à	a disque amovible	Unité à cartes pe	rforées	Perforated		Lecteur
Unité à bande perforée	Perfe	orateur Lecteur	Unité à support		Imprimant	J	Lecteur
Unité à écran	Unité à	clavier ou pupitre	Sortie machine Entré			de transmis	
Connexion	Voie	de transmission	Connecteur (Con	nector)	Comme	ntaire (Con	- nment)

## 3. PRÉVENTION DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES

Ce chapitre traite de la protection des travailleurs lors de la mise en œuvre de courants électriques ou de l'exécution de travaux au voisinage d'installations électriques.

Ce chapitre emprunte de larges passages à l'article D95 « Prévention des accident électriques » par MM. : Roland AUBER et Lucien RICHARD, paru en décembre 1983 dans l'encyclopédie à fascicules mobiles. Techniques de l'ingénieur. Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur et des auteurs

### 3.1. ACCIDENTS D'ORIGINE ÉLECTRIQUE : NATURE ET IMPORTANCE

#### 3.1.1. TERMINOLOGIE

**ÉLECTRISATION**: Désigne tout accident électrique, mortel ou non. L'électrisation peut se traduire par une simple commotion qui peut ne pas avoir de suite, ou, à l'opposé, par un état de fibrillation ventriculaire, ou un choc cardiaque mortel.

ÉLECTROCUTION : Désigne un accident mortel d'origine électrique.

**FIBRILLATION VENTRICULAIRE:** Elle peut suivre l'électrisation. C'est un état transitoire de l'organisme dit de « mort apparente » qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur.

#### ACTION DIRECTE DU COURANT :

- Première famille : électrisation ou électrocution due à un état prolongé de fibrillation. Ce sont des accidents dus à un courant sous basse tension, de faible intensité, traversant le corps pendant un temps assez court.
- Deuxième famille : électrocution due à des brûlures internes ou externes provoquées par un courant électrique d'intensité suffisante pendant un temps assez long. C'est en général le cas des courants sous haute tension.

#### 3.1.2. CLASSEMENT

 Remarque : l'accident électrique le plus fréquent est l'accident en basse tension de la première famille, qui se produit par contact soit entre conducteurs, soit entre conducteurs et terre, avec ou sans interposition de la masse métallique d'un appareil.

#### **ACTION INDIRECTE DU COURANT:**

- Troisième famille: le corps n'est pas traversé par le courant. Il s'agit d'accidents dus à un arc électrique.
   En général ils ne sont pas mortels mais peuvent provoquer des brûlures externes graves.
- Quatrième famille: le corps est soumis à des courants engendrés par le champ électrique dû au courant principal (tension au-dessus de 220 kV).

## EFFE

#### EFFETS ÉLECTROTHERMIQUES (effet joule) :

Ils se traduisent par des brûlures externes et internes.

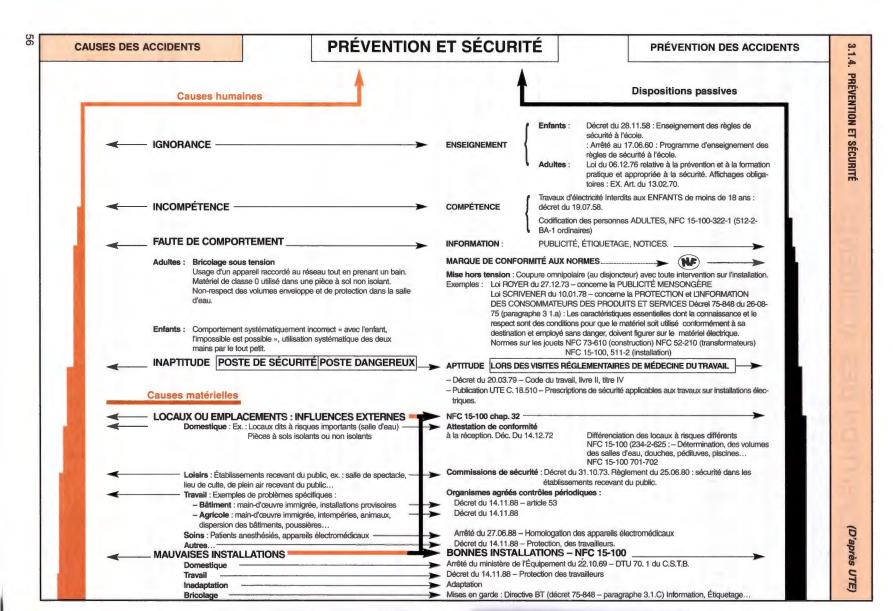
#### 3.1.3 ACTIONS PATHOPHYSIO-LOGIQUES

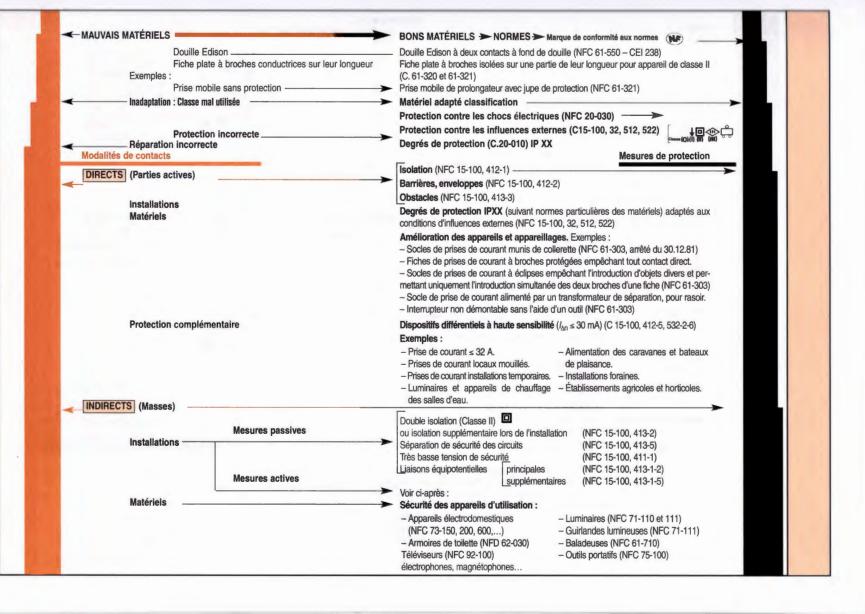
#### ÉLECTRISATION SANS PERTE DE CONNAISSANCE :

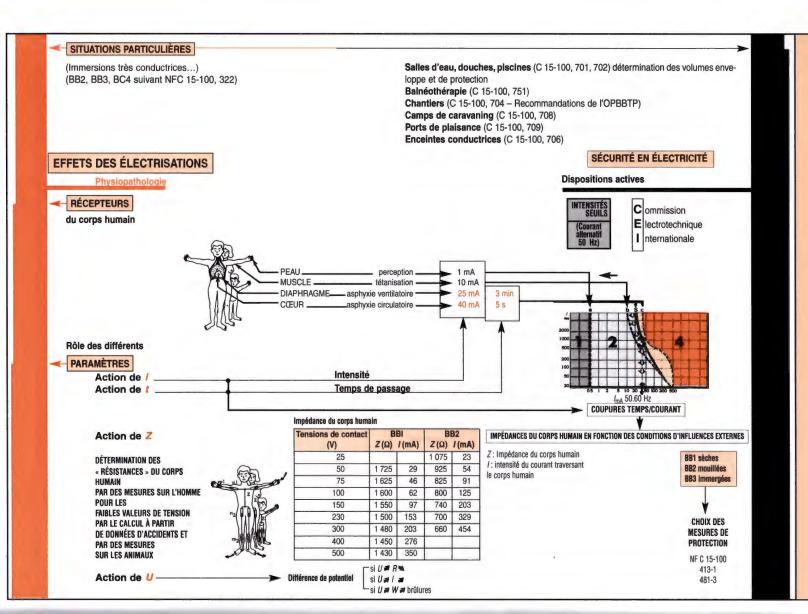
Elle va du simple picotement sans conséquence à la violente contraction correspondant à la tétanisation électrique. Une violente contraction musculaire peut provoquer la chute grave ou le collage par crispation de la main sur le conducteur.

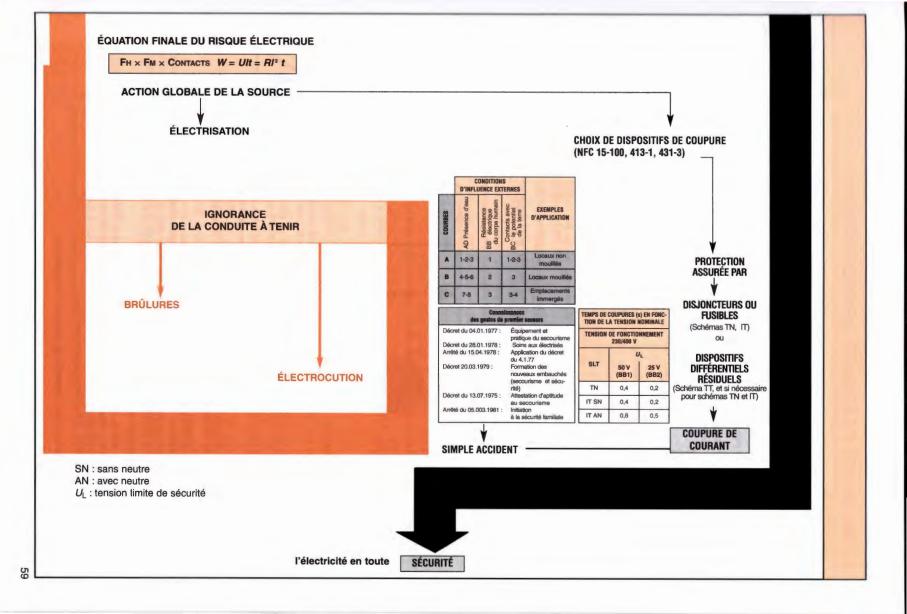
#### ÉLECTRISATION AVEC PERTE DE CONNAISSANCE (état de fibrillation ventriculaire) :

La fibrillation cardiaque ventriculaire empêche l'irrigation du cerveau, cause des lésions irréparables audelà de quelques minutes et entraîne la mort. Le maintien en survie nécessite des moyens appropriés.









### 3.2. MESURES PRATIQUES DE PROTECTION

#### CONTACT DES MASSES MISES ACCIDENTELLEMENT SOUS TENSION

Malgré une installation conforme aux règles de l'art, en cas d'incidents, il faut assurer la protection par :

#### - Interconnexion des masses et mise à la terre :

Dans le cas de la Fig. 1, un courant de défaut, insuffisant pour déclencher un appareil de protection, peut être dangereux pour l'homme.

#### Que se passe-t-il en cas de défaut ?

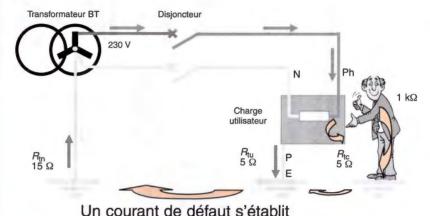
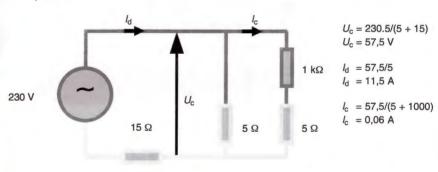


Schéma équivalent :

3.2.1.

INSTALLATIONS INTÉRIEURES EN

**BASSE TENSION** 



$$U_{c} \approx U_{n} \cdot R_{tu} / (R_{tu} + R_{td})$$
  
 $I_{d} = U_{c} / R_{tu}$   
 $I_{c} = U_{c} / (R_{tc} + R_{c})$ 





Fig. 1 : Contact avec un appareil sous basse tension, en schéma TT.

Le courant, qui traverse le corps de l'usager sous la tension présumée de contact de 57,5 V et qui a pour valeur 60 mA peut être mortel.

#### - Amélioration des prises de terre :

Dans la plupart des cas, la réduction de la résistance des prises de terre même si elle réduit la tension présumée de contact ne suffit pas à faire circuler un courant de défaut susceptible de faire fonctionner la protection de surintensité dans un temps suffisamment court pour la protection des personnes.

#### - Réalisation de liaisons équipotentielles :

Elle permet la mise au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs. Cette disposition est rendue obligatoire pour les canalisations métalliques (eau, gaz, chauffage, conditionnement d'air), pour les éléments métalliques de la construction et pour les gaines ou tresses métalliques des câbles de communication.

#### - Présence d'un dispositif de coupure automatique :

Les caractéristiques d'un tel dispositif sont définies suivant le schéma des liaisons à la terre TT, TN ou IT

#### CLASSES ET CARACTÉRISTIQUES.

- 30 % des accidents sont dus à l'emploi d'appareils portatifs : on distingue :
- Matériel de classe 0 : possédant l'isolation fonctionnelle, mais pas de disposition pour la mise à la terre.
- Matériel de classe I : isolation principale (isolation fonctionnelle) avec dispositif de mise à la terre, un dispositif de coupure automatique sensible au courant de défaut doit être associé à cette mise à la terre.
- Matériel de classe II : double isolation ou isolation renforcée (symbole : double carré).
- Matériel de classe III : tension nominale inférieure ou égale à 50 V, alimentation à partir d'un circuit TBT de sécurité.
- Les machines dont il est question ici sont :
  - les machines-outils portatives,
  - les lampes baladeuses,
  - les appareils de mesure.

#### MACHINES-OUTILS PORTATIVES.

#### Prévention générale

- Le câble souple d'alimentation des appareils doit comporter une gaine élastomère enrobant tous les conducteurs, y compris pour les appareils de classe I. La fiche et le socle de prise de courant doivent être conformes aux prescriptions.
- Les organes de contact des conducteurs de protection ne doivent pas être en contact avec les conducteurs actifs et doivent être en contact entre eux avant les autres conducteurs et séparés après.
- La séparation des circuits est un autre moyen de prévention (transformateurs à deux enroulements) conforme à la Norme EN 60.742.
- L'emploi de la Très Basse Tension de Sécurité (≤ 50 V) TBTS doit répondre aux conditions suivantes :
- La TBTS est fournie par l'intermédiaire :
  - de transformateurs de sécurité de classe II,
  - de groupes moteur-générateur présentant des garanties équivalentes,
  - de sources autonomes, telles que batteries de piles ou accumulateurs.
- Les circuits secondaires à TBTS ne doivent avoir aucun point relié à la terre, ils ne doivent pas être en liaison électrique avec des installations de tension plus élevée, ils ne doivent comporter aucun autre conducteur soumis à une tension d'autre classe.

#### Remarques : Dans le cas de la séparation des circuits et de l'emploi de la TBTS :

- Les masses des machines-outils portatives ne doivent être reliées, ni avec la terre, ni avec d'autres masses
- Si un tel incident se produisait, la sécurité ne dépendrait alors que de la protection des autres masses en question.

#### Conditions particulières de travail :

Lorsque les lieux de travail sont particulièrement conducteurs, on doit obligatoirement utiliser la TBTS.

A l'intérieur des enceintes très conductrices (chaudières, réservoirs, etc.) les transformateurs ou les groupes moteur-générateur doivent se trouver à l'extérieur.

On peut utiliser la mesure de séparation des circuits à condition que le secondaire n'alimente qu'un seul appareil qui doit être de classe II (éventuellement de classe I) (Fig. 2).

Si l'on utilise plusieurs appareils de classe I leurs masses doivent être interconnectées.

#### LAMPES BALADEUSES.

Elles sont toutes de classe II, conformes à la Norme et sont de deux types :

A: type domestique et B: type professionnel.

C'est le type B dont le ministère du Travail requiert l'utilisation dans les établissements soumis au Code du travail (arrêté du 21 fév. 1981).

L'emploi des lampes témoins, comme vérificateurs de tension, doit être proscrit. Il convient d'utiliser des vérificateurs spécialement conçus pour cet usage (Normes NFC 18-310 et NFC 18-311).

#### APPAREILS DE MESURE.

Ces appareils ne doivent présenter aucun danger même en cas de fausse manœuvre.

Les pinces crocodiles seront d'un modèle isolé. Les connexions enroulées sur des tiges filetées de bornes d'appareils de mesure ou d'autres appareils sont **INTERDITES**.

3.2.2.
APPAREILS
MOBILES EN
BASSE TENSION

## **Emplacement des** Protection réglementaire lors de l'utilisation à l'intérieur d'enceintes conductrices exiguës travaux ou des Précautions complémentaires lors de l'utilisation sur emplacements à risques spéciaux interventions PROTECTION RÉGLEMENTAIRE OBLIGATOIRE TBT de sécurité quelle que soit la tension de l'installation fixe alimentant l'emplacement de travail. Le transformateur doit être placé en dehors de l'enceinte très conductrice. **Enceintes** conductrices exiguës NF C 52-742 TBT inférieure à 50 V PRÉCAUTIONS COMPLÉMENTAIRES Énumérées dans l'ordre préférentiel décroissant. NF C 52-742 TBT inférieure à 50 V UN SEUL OUTIL (prescription réglementaire) Le conducteur de protection PE de l'outil de la classe I (±) doit rester isolé de la terre et des autres masses. Dans le cas d'emploi à l'intérieur d'enceintes très conductrices, l'arrêté du 7 décembre 1988 impose de relier la masse de l'outil à l'enceinte conductrice exiguë. **Autres** emplacements à risques OH spéciaux NF C 52-742 ou Fig. 2 : utilisation à l'intérieur des enceintes exiguës LES PRÉCAUTIONS COMPLÉMENTAIRES À METTRE EN ŒUVRE SONT, DANS L'ORDRE PRÉFÉRENTIEL DÉCROISSANT. a) L'utilisation d'outils de la classe III alimentés dans les conditions suivantes : Pour les travaux exécutés à l'intérieur d'enceintes conductrices exiguës, utiliser ou faire utiliser des

#### **Précautions** complémentaires

- outils portatifs à moteur de classe III (tension inférieure à 50 V ~ ou 120 V =). Ces tensions doivent être réduites à leur moitié dans les enceintes mouillées.
- b) L'utilisation d'outils de la classe I ( 🛊 ) ou II ( 🗖 ) alimentés par un transformateur de séparation des circuits (séparation des circuits actifs et des circuits de protection).
- c) L'utilisation d'outils de la classe I ( + ) ou II ( ) protégés par un interrupteur automatique ou un disjoncteur à courant différentiel résiduel (en abrégé dispositif DDR) à haute sensibilité (30 mA au maximum).

Symbole utilisé	Signification
	Outil portatif monophasé avec indication de la classe de matériel ; le symbole correspondant à la classe est indiqué entre parenthèses.
<del>-</del>	Socle (ou prise mobile) et fiche de prise de courant :  - tripolaire (2 pôles + terre).  - ou bipolaire (sans contact de mise à la terre).
PE 30mA PF	Dispositif de coupure automatique (interrupteur, disjoncteur) du type portatif avec poignée de transport équipé d'un dispositif différentiel résiduel (DDR) à haute sensibilité (30 mA maximum)
Classes	Indications de la plaque signalétique
I II	Symbole de mise à la terre ( ↓ ) Symbole (□) Matériel alimenté en TBTS ou en TBTP (<□>)
	Câble :  - à deux conducteurs actifs,
	<ul> <li>à deux conducteurs actifs : un conducteur de protection électrique repéré (PE) est réservé à la mise à la terre de la masse de l'appareil portatif de classe I ( \( \frac{1}{2} \)). L'enveloppe isolante du conducteur (PE) doit posséder la double coloration vert-jaune.</li> </ul>

 Toutes les installations doivent être exécutées avec un degré de protection minimal IP 35 (NF C20-010). Ces installations doivent être munies de dispositifs de sectionnement par circuit ou par groupe de circuits.

BT). Transformateur selon la norme NFC 52-742.

- Les machines doivent être équipées d'un dispositif de commande et de sectionnement se trouvant à proximité de l'opérateur (séparation simultanée de tous les conducteurs actifs).
- Tous les bâtis et les pièces conductrices doivent être reliés à la terre par un conducteur de protection incorporé au câble d'alimentation.
- Les appareils portatifs doivent être à double isolation ou être alimentés en TBTS et posséder les degrés de protection adéquats.
- Les prises de courant, prolongateurs et connecteurs seront différents suivant la tension utilisée et ne posséderont pas de parties accessibles au toucher (assemblés ou non).
- Les postes de soudure électrique posséderont un système automatique qui ramènera à 25 V la tension aux bornes de la pince et de la masse après soudure.
- Les figures 3 (a) et (b) sont des exemples d'utilisation des disjoncteurs différentiels dans les chantiers.
- La figure 3 (c) traite un exemple d'installation de chantier pour éviter l'arrêt simultané de tous les appareils.

#### **Engins mobiles**

Les engins mobiles (grues sur camion, pelles mécaniques...) devant se déplacer fréquemment, les lignes électriques de chantier doivent être signalées par des panneaux et un gabarit de passage. Sur les véhicules, des consignes particulières indiquant la conduite à tenir en cas d'accident doivent être affichées.

#### Voisinage des installations électriques

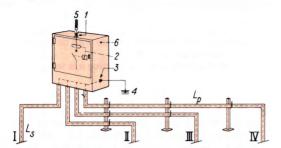
- Distances à respecter : 0,30 m pour des tensions jusqu'à 1 000 V.
  - $-2 \, \mathrm{m}$ pour des tensions > 1 000 V et jusqu'à 50 000 V.
  - 3 m pour des tensions > 50 000 V et jusqu'à 250 000 V,
  - pour des tensions > 250 000 V.
- Pour des canalisations souterraines, ne pas commencer les travaux à moins de 1.50 m des conducteurs sans avoir recu l'accord des services compétents.
- Pour des travaux au voisinage d'installations sous tension (BT comme HT), des dispositions de mise hors d'atteinte doivent être réalisées.

3.2.3. MESURES **PARTICULIÈRES POUR LES** CHANTIERS **EXTÉRIEURS** 

#### SCHÉMAS - TYPES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS

a) Alimentation à neutre mis directement à la terre :

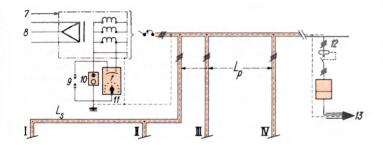
Réseau de distribution publique ou transformateur d'abonné ayant choisi le schéma des liaisons à la terre TT : coupure au premier défaut



- 1 Isolement renforcé
- 2 dispositif de coupure automatique immédiatement après comptage associé à un relais différentiel à moyenne sensibilité temporisé (0,05 s)
- borne de terre
- prise de terre locale
- après comptage
- armoire de répartition
- ligne sur poteaux
- ligne souterraine (3 phases + neutre + terre)

#### b) Alimentation par transformateur privé, distribution à neutre isolé distribué IT :

Signalisation au premier défaut, coupure au premier défaut



- 7 masse du poste
- cabine du transformateur qui doit être en conformité avec la norme C 13-100 ou la norme NF C 13-200 suivant les cas
- 9 limiteur de surtension
- 10 contrôleur d'isolement avec signalisation du 1er défaut
- 11 appareil pour la localisation du défaut
- 12 relais différentiel moyenne sensibilité agissant sur l'appareil de coupure
- 13 vers second œuvre.
- Lpp ligne sur poteaux
- ligne souterraine (3 phases + neutre + terre)

#### c) Exemple de chantier

I, II, III, IV: points de raccordement entre l'alimentation (Fig. 3 a ou b) et le chantier (Fig. 3 c)

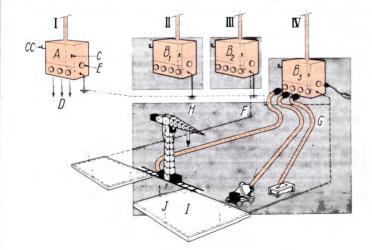


Fig. 3 : Chantiers extérieurs

- A armoire de distribution protégée à l'arrivée par dispositif différentiel movenne sensibilité non retardé.
- B1, B2, B3 armoires de distribution protégées à l'arrivée par dispositif différentiel haute sensibilité (30 mA) non retardé
- conducteur de protection incorporé aux canalisations et câbles
- ---- circuit de mise à la terre
- C cadenassege
- CCcommande de coupure générale extérieure
  - vers centrale à béton ou matériel fixe dont les câbles sont inaccessibles
- prise 24 V E
- chantier 1
- G chantier 2
- vers second œuvre
- ceinturage à fond de fouille
- J remontées de protection en attente pour immeuble définitif

#### 3.3. SÉCUBITÉ DU PERSONNEL La règle générale, pour tout personnel, est de considérer qu'une installation électrique « NON CONSI-GNÉE » est sous tension. Les principes généraux sont les suivants : a - Dans tous les cas : 3.3.1. **GÉNÉRALITÉS** - habilitation du personnel (§ 3.3.8) - matériel de protection normalisé ou agréé par un organisme désigné (page suivante). b - Pour les travaux hors tension, application des règles de base (§ 3.3.4). c - Pour les travaux sous tension, application des procédures opératoires (§ 3.3.3.). Le cadre réglementaire est le suivant : Les ouvrages de production électrique sont régis par le décret du 14 nov. 1988. Les réseaux publics de distribution couvrent les ouvrages faisant l'objet de concessions et leur réalisation est régie par l'arrêté interministériel du 2 avril 1991. 3.3.2 Les installations font l'objet du décret n° 88-1056 du 14 nov. 1988 (Ministère du Travail). Les deux RÉGLEMENTATION types d'ouvrages et de réseaux admettent le principe du travail sous tension dans le cas des installations, cependant il s'agit d'une exception. - En outre, pour les ouvrages de production et les réseaux, le personnel doit avoir reçu un titre d'habilitation et un carnet de prescriptions de sécurité. **GÉNÉRALITÉS** · Pour les ouvrages des domaines BTB, HTA et HTB, autres que ceux soumis au décret du 16 février 1982, le chef de l'entreprise intervenante ne doit suivre la procédure suivante que si l'exécution des travaux sous tension fait l'objet d'une demande expresse de l'employeur. · Cas où un travail peut être exécuté sous tension Les travaux sous tension sont autorisés : a) sur les réseaux de distribution publics, ouvrages de production et leurs annexes, b) sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension. Présentation générale des prescriptions à respecter pour travailler sous tension. Travaux effectués sous tension lors de la construction, de l'exploitation ou de l'entretien des ouvrages, quelle que soit leur tension. Ces prescriptions ne concernent pas : les travaux au voisinage de pièces nues sous tension ou de lignes électriques sous tension prévus au chapitre : Opérations en fonction de l'environnement électrique. - les interventions de dépannage d'équipements du domaine BT, les interventions de raccordement avec présence de tension BTA et les manœuvres, mesurages, essais et vérifications qui doivent être 3.3.3. effectués conformément à la réglementation (§ 3.3.11.) TRAVAUX - le raccordement et la déconnexion de pièces ou d'organes amovibles spécialement conçus et réali-SOUS TENSION sés de manière à permettre l'opération sans risque de court-circuit ou de contact involontaire avec des pièces nues sous tension. les travaux hors tension avec présence de tensions induites.

Pour travailler sous tension, c'est-à-dire travailler sur des pièces nues sous tension à l'intérieur des distances minimales d'approche § 3.3.6 Fig. 7, il faut se prémunir contre les risques d'électrisation et de court-circuit par rapport aux pièces nues sous tension sur lesquelles on intervient et par rapport aux pièces nues à un potentiel différent.

#### MÉTHODES DE TRAVAIL

On distingue trois méthodes de travail, d'après la situation de l'opérateur par rapport aux pièces sous tension et d'après les moyens qu'il emploie pour se prémunir contre les risques d'électrisation et de court-circuit. Ces différentes méthodes peuvent être mise en œuvre séparément ou en les combinant. L'opérateur peut être soumis à une différence de potentiel phase-terre ou phase-phase, il convient de le protéger :

#### • Travail au contact :

L'opérateur, correctement protégé en fonction du niveau de tension des pièces sur lesquelles il intervient, pénètre dans la zone située entre les pièces sous tension et la distance minimale d'approche définie § 3.3.6 Fig. 7.

#### Travail à distance

L'opérateur se tient, sauf emploi de dispositifs de protection appropriés et agréés, au-delà de la distance minimale d'approche définie § 3.3.6 et travaille sur les pièces sous tension à l'aide d'outils fixés à l'extrémité de perches ou de cordes isolantes.

#### Travail au potentiel

L'opérateur se met au potentiel des pièces sur lesquelles il intervient. Il intervient à une distance supérieure ou égale à la distance minimale d'approche définie § 3.3.6.

Pendant son transfert du potentiel de la terre au potentiel des pièces sous tension, et vice versa, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel. On dit qu'il est à un potentiel flottant.

#### Conditions d'exécution du travail, fiches techniques et modes opératoires Les conditions d'exécution du travail (CET)

Elles doivent, pour la réalisation des travaux sous tension, définir les règles générales à respecter en appliquant une des méthodes définies précédemment ou en les combinant. Ces conditions doivent fixer les modalités suivant lesquelles le travail doit être préparé, les outils utilisés et la bonne exécution du travail vérifiée.

#### Les fiches techniques (FT) et les modes opératoires (MO)

Ces documents sont relatifs à chaque type de matériel ou d'outil, doivent préciser leurs caractéristiques éventuelles et leurs conditions d'emploi. Les FT doivent préciser également les conditions de conservation, d'entretien, de transport et de contrôle des outils. L'ensemble des documents ci-dessus (CET, FT, MO) doit être approuvé par un organisme désigné à cet effet (actuellement, le Comité des Travaux sous tension).

#### · Conditions atmosphériques

Ces indications montrent les limitations apportées aux travaux sous tension en fonction des conditions atmosphériques.

#### MATÉRIEL ET OUTILLAGE

- Ils sont spécialement étudiés pour l'exécution des travaux sous tension et doivent être d'un type agréé par un organisme désigné à cet effet (actuellement, le Comité des Travaux sous tension)
- Ils doivent faire l'objet de normes ou à défaut, de cahiers des charges ou de spécifications techniques.

#### Protections individuelles:

- L'écran facial : obligatoire pour toutes les manœuvres d'appareils de sectionnement en BT et HT, les travaux sous tensions et chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique ou de projection de matière.
- Les gants : utilisation obligatoire pour les interventions BT et les manœuvres des appareils de commande HT. Les caractéristiques des gants de travail font l'objet des normes NFC 18/415 qui précisent l'épaisseur et la nature des tissus, la tension d'épreuve des essais de réception, les conditions d'utilisation.

Selon la tension il existe quatre sortes de gants :

2500 V repérés orange, 5000 V repérés vert, 20000 V repérés rouge, 30000 V repérés jaune

- Le casque isolant : obligatoire pour tous les travaux sous tension, sur les chantiers de construction et dans tous les bâtiments comportant des systèmes à haute pression, norme NFS 72.501
- Les chaussures de travail : comportant une semelle isolante ou les bottes isolantes spéciales pour les manœuvres HT, nécessaires en cas de manœuvre chaque fois que l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée, norme NFC 18.420, NFS 73.
- Les lunettes: obligatoires pour toutes les manœuvres d'appareils de sectionnement en BT et HT, les travaux sous tensions et chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique ou de projection de matière, normes NFS 77.100 à NFS 77.105.
- Les ceintures de sécurité : pour les travaux en hauteur, norme NFC 18.435.
- · Vêtements isolants : spéciaux pour les travaux sous tension
- Outils isolants: permettent l'intervention sur les réseaux ou les installations électriques sous tension, normes UTE C 18.510 et CEI.900.

#### Protections collectives :

Elles sont de deux types : celles à caractère permanent, celles à caractère temporaire (pendant les travaux ou interventions).

















#### Écrans et grillages de protection

Destinés à isoler provisoirement une zone de travail (bois bakélisé, matériaux plastiques, fibre de verre, etc.), ils permettent de créer une enceinte isolée.

Pour les réseaux aériens, ce sont des profilés isolants pour les conducteurs (NFC 18.425) ou des capuchons isolants pour les isolateurs.

#### CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

• Dans le cas d'ouvrages soumis à une tension induite, les précautions supplémentaires définies ci-après :

#### Cas des canalisations électriques isolées BT et HT.

Il faut mettre à la terre et en court-circuit les conducteurs et, s'ils existent, les armatures ou écrans métalliques, au plus près du lieu de travail.

#### Cas des lignes aériennes BT et HT en conducteurs nus.

#### Des dispositions rigoureuses sont nécessaires pour assurer en permanence :

- l'écoulement des courants (induits en régime permanent ou non, ou de défaut éventuel),
- l'équipotentialité des postes de travail,
- la continuité électrique des boucles créées.

#### Ecoulement des courants (induits ou de défaut éventuel) :

- La zone de travail doit être délimitée par la pose de terres encadrant, au plus près, les travaux.

#### Equipotentialité des postes de travail :

 Ne jamais s'insérer entre deux pièces conductrices, y compris le sol et la masse des supports, susceptibles d'être portées à des potentiels différents. Assurer, au préalable, une liaison équipotentielle entre ces pièces en prenant toutes les précautions utiles pour éviter cette insertion.

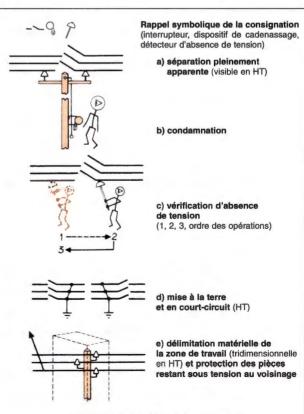
#### Continuité électrique des boucles :

- Les conducteurs, les mises à la terre et le sol, créent des boucles induites dans lesquelles circulent des courants importants.
- Toute ouverture du circuit électrique, constitué par cette boucle, doit être précédée par la mise en place d'un dispositif de shunt maintenant la continuité de cette boucle.

#### Les travaux hors tension ne peuvent être réalisés qu'après consignation de l'installation.

La consignation nécessite le respect de l'intégralité des « cinq règles de base » suivantes, illustrées par la figure ci-contre.

- a séparation d'avec toute source possible de tension; cette séparation, effectuée de façon pleinement apparente, est vérifiée soit par l'ouverture visible des contacts (HT), soit par la position du dispositif la matérialisant d'une façon sûre (BT et HT).
- b condamnation, en position d'ouverture, de tous les appareils de séparation par l'intermédiaire desquels l'installation ou l'équipement pourrait être remis sous tension.
- c vérification de l'absence de tension sur chaque conducteur immédiatement en aval du ou des points de séparation.
- d mise à la terre et en courtcircuit de chacun des conducteurs entrant dans la zone à protéger; cette règle n'est pas toujours nécessaire en BTA.
- e délimitation matérielle de la zone de travail et, si nécessaire, mise en place d'écrans de protection interdisant l'approche des parties restant sous tension.



#### CONSIGNATION EN VUE DE TRAVAUX HORS TENSION

• Principes fondamentaux de la consignation électrique d'un ouvrage.

Consignation: - suite d'opérations destinée à mettre hors tension des équipements, une installation ou une partie d'installation, pour qu'on puisse y effectuer des travaux ou des interventions sans risques de maintien ou de retour accidentel de la tension.

- La consignation ne se limite pas aux seules sources d'énergie électrique mais doit prendre en compte toutes les sources d'énergie : mécanique, chimique, hydraulique, pneumatique...
- Pour effectuer des travaux ou interventions hors tension sur un ouvrage en exploitation, il faut préalablement procéder aux opérations suivantes :
- 1) séparation de l'ouvrage des sources de tension,
- 2) condamnation en position d'ouverture des organes de séparation,

 La vérification d'absence de tension, immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit est le plus sûr moyen d'assurer la

prévention et de se prémunir contre les réalimentations accidentelles.

– La MALT et en C.C. s'effectuent sur tous les conducteurs y com-

pris le neutre de part et d'autre de la zone de travail.

- 3) sur le lieu de travail, identification de l'ouvrage, pour être certain que les travaux seront exécutés sur l'ouvrage ainsi mis hors tension.
- 4) vérification d'absence de tension immédiatement suivie, dans les cas prévus, de la mise à la terre en court-circuit. Quand cette opération est effectuée sur le lieu de travail, elle constitue une confirmation de l'identification

#### TABLEAU RÉCAPITULATIF ET SIMPLIFIÉ DES QUATRE OPÉRATIONS DE CONSIGNATION

Procédure générale en BTA	Procédure allégée en BTA	Remarques
Conditions d'exécution  Néant	Condition d'exécution Vous effectuez une intervention de dépannage. La zone de travail est d'un accès limité aux seuls opérateurs pendant toute la durée de l'intervention. Les appareils de séparation de la source sont visibles depuis la zone d'intervention.	
Séparation de la ou des sources	Séparation de la ou des sources	Mise hors tension de tous les cir cuits de puissance et de com mande de façon : pleinemen apparente y compris les alimenta tions de secours.
Condamnation (signalisation)		Verrouillage par un dispositi matériel difficilement neutrali sable exemple : cadenas. Informa- tion claire et permanente de la réalisation de la condamnation.
Identification de l'ouvrage	Identification de l'ouvrage	Elle a pour but de s'assurer que les travaux sont effectués su l'installation ou l'équipemen consigné. Pour cela les schémas et le repérage des éléments devront être lisibles et mis à jour.
Vérification de l'absence de tension (vérifier que le VAT ne fournit pas une indication erronée).	Vérification de l'absence de tension (vérifier que le VAT ne vous a pas fourni une indication erronée).	La VAT est testée avant et après la vérification. La vérification d'absence de tension s'effectue entre tous les conducteurs (y compris le neutre, entre eux et la terre.

Zone

TRAVAUX HORS TENSION

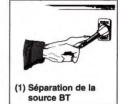
- La MALT et en C.C. ne sont obligatoires en BTA que s'il y a :
  - Présence de condensateurs ou de câbles de grande longueur.
- Risque de réalimentation.
- Risque de tension induite, (proximité d'une ligne HT).

Elles sont obligatoires pour les autres domaines de tension.

#### · Opérations détaillées de consignation

#### Séparation de l'ouvrage des sources de tension (opération N° 1) :

- Cette séparation doit être effectuée au moyen d'organes prévus à cet effet sur tous les conducteurs actifs, y compris le neutre (toutefois, en BT, en cas de schéma TNC, le neutre ne doit pas être coupé).
- La séparation doit être effectuée de façon certaine.
- Sur les ouvrages HT et BTB, la certitude de la séparation peut être obtenue :
- 1. par vue directe des contacts séparés,
- 2. par enlèvement de pièces de contacts pour certains matériels spéciaux,
- 3. par interposition d'un écran entre les contacts,
- localement, par asservissement (électrique, mécanique...) de très bonne qualité entre la position des contacts et celle du dispositif extérieur reflétant cette position,

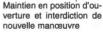


- 5. par télécommande, à condition que le capteur local de l'information de la position des contacts réponde à la condition N° 4 ci-dessus et que la transmission de l'information (signalisations optiques, télé-signalisations...) soit réalisée de manière indiscutable.
- En BTA, la certitude de la séparation peut également être obtenue par l'utilisation des dispositions répondant à l'article : Dispositif de sectionnement de la norme NFC 15.100.

#### Condamnation en position d'ouverture (opération N° 2) :

- La condamnation a pour but d'interdire la manœuvre de l'organe de séparation.
- Elle comprend:
  - une immobilisation de l'organe : celle-ci est réalisée par blocage mécanique, ou son équivalent à l'aide de dispositifs offrant les mêmes garanties.
  - Elle doit comporter la neutralisation de toutes les commandes, sur place ou à distance, de type électronique, électrique, radioélectrique, mécanique, hydraulique, pneumatique...,
  - une signalisation : les commandes, locales ou à distance, d'un organe de séparation ainsi condamné, doivent être munies d'une indication, pancarte ou tout autre dispositif d'affichage, signalant explicitement, que cet organe est condamné et ne doit pas être manœuvré.







Signalisation de l'état

#### (2) Condamnation en position d'ouverture

- Lorsqu'il est impossible d'immobiliser matériellement par blocage les organes de séparation eux-mêmes ou leur dispositif de commande, ou lorsqu'il n'existe pas de dispositif de manœuvre (ouverture de ponts sur réseau), ou lorsque l'immobilisation d'organes n'est pas exigée (BTA), les pancartes ou autres dispositifs (électriques, mécaniques,...) d'avertissement constituent alors la protection minimale obligatoire d'interdiction de manœuvrer.
- Les pancartes d'avertissement doivent être très visibles et porter une inscription telle que :

CONDAMNÉ
DÉFENSE DE MANŒUVRER
M

 L'indication de la personne concernée est facultative.

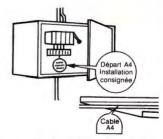
La suppression d'une condamnation ne peut être effectuée que par la personne qui l'a effectuée ou par un remplaçant désigné.

#### Identification de l'ouvrage (opération N° 3)

L'identification d'un ouvrage a pour but d'être certain que les travaux seront effectués sur l'ouvrage séparé et dont les organes de séparation sont condamnés en position d'ouverture.

#### Cette identification sur place peut être basée sur :

- la connaissance de la situation géographique du chantier,
- la consultation des schémas ou de la cartographie,
- la connaissance des ouvrages et de leurs caractéristiques,
- la lecture des pancartes, étiquettes, numéros des supports,
- l'identification visuelle lorsque l'on peut suivre la ligne ou la canalisation, depuis le lieu où a été réalisée la séparation certaine ou la mise à la terre et en court-circuit jusqu'à la zone de travail elle-même.



(3) Identification de l'ouvrage

- pour les câbles et les canalisations électriques souterraines, l'identification par l'utilisation d'un appareil spécial (par exemple en injectant une fréquence particulière) ou à défaut, par un moven destructif.
- pour les ouvrages en conducteurs nus, la vérification d'absence de tension et la mise à la terre et en court-circuit sur le lieu de travail vaut identification.

Une fois cette identification réalisée, il y a lieu de la matérialiser sur l'ouvrage par un marquage, à moins que les mises à la terre et en court-circuit ne soient visibles de partout dans la zone de travail ou qu'aucun risque de confusion n'existe.

## Vérification d'absence de tension immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit (opération N°4)

Dans tous les cas, la vérification d'absence de tension (VAT), aussi près que possible du lieu de travail, doit être effectuée sur chacun des conducteurs actifs, y compris le neutre à l'aide d'un dispositif spécialement conçu à cet effet et répondant aux normes en vigueur et suivant la procédure suivante :

 immédiatement avant chaque opération effectuée avec ce matériel de détection et immédiatement après cette opération, le bon fonctionnement de ce matériel doit être vérifié.

La vérification d'absence de tension immédiatement suivie de la mise à la terre et en court circuit, est le plus sûr moyen d'assurer la prévention.

La mise en court-circuit est un moyen pratique de se prémunir de tension de l'absence contre les réalimentations par des sources autonomes fréquemment utilisées dans les établissements agricoles, tertiaires, industriels ou commerciaux.

Lorsque les organes de séparation sont associés dans l'ouvrage à un interrupteur ou à un sectionneur de mise à la terre et en court-circuit, il convient de procéder à la fermeture de cet appareil. Cette manœuvre, obligatoire dans le cas de consignation pour travaux, n'est réalisée dans le cas de la consignation en deux étapes, qu'à la demande du **chargé d'exploitation**. Dans le cas de l'utilisation d'un pavé de terre, après la pose de celui-ci, les appareils de mise à la terre et en court-circuit peuvent être rouverts pendant les travaux.

#### Lignes aériennes HT et BT en conducteurs nus :

 les mises à la terre et en court-circuit, précédées de la VAT, doivent être effectuées de préférence à proximité du lieu de travail, de part et d'autre de la zone de travail, sur toutes les lignes à consigner pénétrant dans la zone de travail, et l'une au moins des mises à la terre et en court-circuit doit être visible du lieu de travail.

#### Câbles isolés HT et BT et lignes aériennes HT et BT en câbles ou en conducteurs isolés :

- les mises à la terre et en court-circuit, précédées de la VAT, sont effectuées sur les parties nues accessibles au point de séparation du côté de l'ouvrage où l'on doit travailler ou au plus près de part et d'autre de la zone de travail. En effet, dans la plupart des cas, les mises à la terre et en court-circuit ne peuvent être mises en place sur le lieu de travail.
- Dans le cas des réseaux BT où le neutre est mis directement à la terre en différents points, et dans les installations BT réalisées suivant le schéma des liaisons à la terre TN-C, il est admis de réaliser la mise en court-circuit des conducteurs actifs sans créer de mise à la terre spéciale.

#### Installations, équipements BT et autres ouvrages BT non mentionnés ci-dessus :

- la mise à la terre et en court-circuit n'est pas exigée en BTA, sauf s'il y a :
  - risque de tension induite,
  - risque de réalimentation,
  - présence de condensateurs ou de câbles de grande longueur.
- Sous les mêmes conditions et dans le cadre de circuits terminaux du domaine de tension BTB de faible étendue, il est admis de ne pas poser de mises à la terre et en court-circuit.
- Dans tous les cas, la vérification de l'absence de tension (VAT) sur le lieu de travail est exigée.

#### Ouvrages, installations et équipements HT (voir recueil UTE)

Séparation + condamnation + Identification + vérification = consignation d'un équipement

#### · Consignation pour travaux :

Lorsque le chargé de consignation réalise la totalité des quatre opérations de consignation cet ensemble est appelé consignation pour travaux.

Le document Attestation de consignation pour travaux établi par le chargé de consignation est remis au chargé de travaux qui le signe « pour accord », sur les dispositions qui lui incombent, avant la réalisation des travaux.

#### · Consignation en deux étapes :

Lorsque le chargé de consignation ne réalise que les opérations N°1 et N°2 (séparation et condamnation) l'ensemble de ces deux opérations est appelé Première étape de consignation.



Elle ne peut, à elle seule, autoriser la réalisation des travaux, qui doit être précédée de la deuxième étape de consignation (Opérations N°3 et N°4).

Le document Attestation de première étape de consignation, établi par le chargé de consignation, doit préciser que les opérations N°3 et N°4 qui restent à effectuer par le chargé de travaux avant l'exécution des travaux hors tension. Ce document est remis au chargé de travaux qui le signe « pour accord » sur les dispositions qui lui incombent avant la réalisation des travaux.

Cette procédure particulière s'applique, notamment, dans le cas des réseaux, des ouvrages de production et des installations étendues.

#### Condamnation des appareils

Quand la coupure a été correctement effectuée, phase par phase y compris le neutre et les circuits auxiliaires le cas échéant, on procède à la condamnation en position ouverture des appareils, par verrous, cadenas personnel et à la pose d'une pancarte très lisible telle que : APPAREIL CONDAMNÉ – DÉFENSE DE MANŒUVRER (protection minimale dans le cas où il n'est pas possible de condamner les appareils).

#### Appareils de vérification d'absence de tension

Toute intervention doit être précédée d'une vérification d'absence de tension sur le lieu même du travail et d'une mise à la terre et en court-circuit des conducteurs électriques.

Suivant la tension des ouvrages et leur conception, ces appareils de vérification sont différents :

- Pour la basse tension (Fig. 4.a), le contrôleur permet de déterminer la présence de la tension, son niveau (130, 230 ou 400 V) et le conducteur neutre.
- Pour la haute tension utiliser les perches à néon (Fig. 4.b) pour les postes et les fusils lance-câbles (Fig. 4.c) pour les lignes aériennes. Le détecteur de tension (Fig. 4.d) peut être également utilisé.

Ces vérificateurs d'absence de tension font l'objet des deux Normes NFC 18-310 (tension ≤ 1 kV) et NFC 18-311 (en cours d'élaboration pour les tensions > 1 kV). Ils doivent être vérifiés systématiquement avant et après utilisation.

– Pour les câbles souterrains, utiliser une perche de piquage (Fig. 4.e). Toutefois, sans intervenir directement sur le câble, on peut utiliser un appareil spécial équipé d'un ou deux PAVÉS DE TERRE permettant la mise automatique en court-circuit et à la terre (convient pour un courant de court-circuit de 10 000 A pendant 1 s.).

#### Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit

La mise à la terre et en court-circuit (dans cet ordre) des conducteurs doit s'effectuer aussitôt après la vérification d'absence de tension sur ces conducteurs (Fig. 4.f-g). La mise en place du dispositif de mise à la terre et en court-circuit se fera obligatoirement en utilisant des gants isolants et une perche isolante.

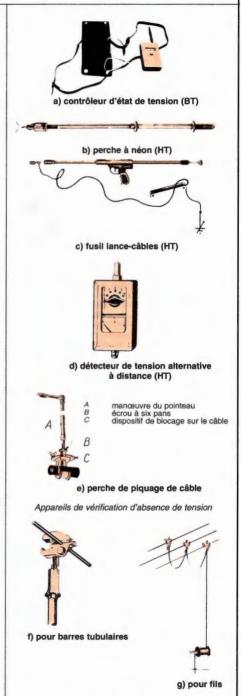


Fig. 4 - Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit

#### CRÉATION D'UNE ZONE PROTÉGÉE ET D'UNE ZONE DE TRAVAIL

- La zone protégée sera matérialisée par la mise en place d'écrans, de rubans ou de fanions de couleur rouge, sur lesquels les mentions DANGER DE MORT ou LIMITE DE ZONE PROTÉGÉE pourront être indiquées.
- La zone de travail sera balisée avec des fanions ou des pancartes de couleur verte, portant éventuellement la mention ZONE DE TRAVAIL (Fig. 5.a).

#### SIGNAUX ET PANCARTES

Les informations, avertissements et interdictions sont de deux types :

- Les disques d'interdiction (Fig. 5.b) à couleur de fond noir avec symbole blanc, cercle et barre transversale rouges.
- Les triangles d'avertissement (Fig. 5.c) ayant une couleur de base jaune et une couleur complémentaire noire signalant la présence d'un danger éventuel.
- Des pancartes complémentaires, rectangulaires (Fig. 15.d) peuvent apporter des précisions aux signaux précédents.











pancarte

disque d'interdiction

banderole

ruban de délimitation

(a) délimitation d'une zone de travail





TRAVAUX HORS TENSION signal à compléter par une pancarte complémentaire (distance, tension, etc.)

personnalisation de la condamnation d'un appareil de coupure : le cartouche est destinée à recevoir le nom du chef de consignation.

(b) disques d'interdiction





signal de danger électrique : symbole non normalisé

signal à apposer sur les matériels électriques (armoires, coffrets, postes à haute tension, etc.) : symbole normalisé.

#### (c) triangles d'avertissements

HAUTE TENSION
HE PAS APPROCHER

CONNEXIONS
PROVISOIRES



CABLES ÉLECTRIQUES
NE REH ENFONCER DANS LE SOL

APPAREIL MODIFIÉ
OBSERVEZ LA CONSIGNE PARTICULÈRE
DE HANDELVIE



CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES DÉFENSE D'OUVRIR

compléments aux disques

SOURCE AUTONOME D'ÉNERGE
RETOUR DE COURANT POSSBLE

COMPIÉMENTS aux triangles

autres exemples

d'interdiction d'avertissement (d) pancartes complémentaires (exemples)

(-) parameter completely

## Fig. 5 – Risque électrique : signaux et pancartes (documentation CATU)

#### MESURES COMPLÉMENTAIRES DE SÉCURITÉ

Les mesures telles que : pose d'écrans, mise à la terre supplémentaire, équipotentialité des parties actives, des masses et des éléments conducteurs peuvent être réalisées à l'initiative du chargé de travaux ou sur demande du chargé de consignation.

Opérations pour	Aux points de séparation			Attestation de première étape de consignation		Au lieu de travail			Attestation de consignation pour travaux		
exécution de travaux hors tension	Séparation de toute source possible de tension	Condamnation appareils de coupure posi- tion d'ouver- ture	Vérification absence tension aval appa- reils de coupure	MALT + CCT en aval appa- reils de coupure	Établissement	Réception	Identification	VAT	MALT + CCT	Établisse- ment	Réception
	CAS GÉNE	RAUX		A - C	AS DE CONSI	GNATION F	OUR TRAVA	JX			
Ouvrage BT	par CC	par CC	-	-	-	-	par CC	par CC	par CC (1)	par CC	par CT
Ouvrage HT	par CC	par CC	par CC (2)	par CC (2)	-	-	par CC	par CC	par CC	par CC	Par CT
					CAS PA	RTICULIE	RS				
Canalisation isolée	par CC	par CC	par CC (3)	par CC (3)	-	-	par CC	par CC (3)	par CC (3)	par CC	par CT
	CAS GÉNÉ	RAUX		B - CA	S DE CONSIG	NATION E	DEUX ÉTAF	ES			
Ouvrage BT	par CC	par CC	-	-	par CC	par CT	par CT (4)	par CT	par CT (1)	-	-
Ouvrage HT	par CC	par CC	par CC (2)	par CC (2)	par CC	par CT	par CT (4)	par CT	par CT	-	-
		·			CAS PA	RTICULIE	RS				
Canalisation isolée	par CC	par CC	(5)	(5)	par CC	par CT	(5)	(5)	(5)	-	-

CC = chargé de consignation

CT = chargé de travaux

- (1) voir § 3.3.4.
- (2) voir § 3.3.4 (cas d'appareils de mise à la terre et en court-circuit associés à l'organe de séparation).
- (3) voir § 3.3.4.
- (4) voir § 3.3.4 (consignation en deux étapes).
- (5) la répartition de ces tâches entre CC et CT doit être précisée sur l'attestation de première étape de consignation par le chargé de consignation (voir § 3.3.4.).
- Fin de travail. Déconsignation électrique d'un ouvrage
  - Après réception du (ou des) avis de fin de travail, le chargé de consignation doit :
    - ouvrir les sectionneurs ou interrupteurs de mise à la terre qu'il avait fermés et déposer ou faire déposer les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait, éventuellement, posés,
    - retirer les écrans, protecteurs et matériel de balisage posés à son initiative,
    - permettre à nouveau la manœuvre des organes de séparation en supprimant les condamnations,
    - il restitue l'ouvrage au **chargé d'exploitation** qui peut procéder alors à tous les essais, mesurages, vérifications qui s'imposent, puis à la remise en service de l'ouvrage.

		des normes ne comportent pas de date, les nt toujours être conformes à l'édition en vigueur.	NF C 18-477	Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements
	NF C 11-201 NF C 13-100	Travaux d'électrification en zones rurales Postes de livraison établis à l'intérieur d'un	NF C 18-479	Travaux sous tension – Protecteurs de conduc- teurs flexibles en matériau isolant
	NF C 13-200	bâtiment et alimentés par un réseau de distri- bution publique de deuxième catégorie Installations électriques à haute tension –	NF C 18-481	Travaux sous tension – Comparateurs de phase portatifs pour utilisation à des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV
		Règles	NF C 20-010	Degrés de protection procurés par les enve- loppes (Code IO) (EN 60529)
	NF C 15-100	Installations électriques à basse tension - Règles	NF C 23-514	Matériel électrique pour atmosphères explo-
	NF C 15-150-1	basse tension des enseignes à haute tension (dites à tube néon)	NF C 23-539	sibles – Règles générales (EN 50014) Matériel électrique pour atmosphères explosibles – Systèmes électriques de sécurité intrinsèque (EN 50039)
	NF C 15-150-2	Installations d'enseignes et de tubes lumineux à décharge fonctionnant à une tension de sor- tie à vide assignée supérieure à 1 kV mais ne	NF C 52-742	Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité (EN 60742)
0.05	NF C 17-200	dépassant pas 10 kV Installations d'éclairage public – Règles	NF C 61-3XX (série)	Prises de courant, prolongateurs et connec- teurs pour installations domestiques et ana-
3.3.5. PRINCIPALES	NF C 18-315	Travaux sous tension – Détecteurs de tension – Partie 3: Type bipolaire basse tension	NF C 61-720	logues Petit appareillage électrique – Cordons prolon-
NORMES DE SÉCURITÉ	111 0 10 010	Travaux sous tension - Détecteurs de tension - Partie 1 : Détecteurs de type capacitif pour		gateurs enroulés sur tambour pour usages domestiques
)L OLOGINIL		usage sur des tensions alternatives au dessus de 1000 V mais ne dépassant pas 420 kV	mentaires por	Fusibles à basse tension – Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être uti-
	NF C 18-400 Avec amende- ment A1 et A11	Outils à main pour travaux sous tension jusqu'à 1000 V en courant alternatif et 1500 V en cou- rant continu (EN 60900)		lisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels (EN 60269-2)
	NF C 18-405	Vêtements conducteurs pour travaux sous tension jusqu'à 800 kV de tension nominale en	NF C 63-3XX (série)	Prises de courant pour usages industriels
	NF C 18-415	courant alternatif Gants isolants en élastomères pour électri-	NF C 71-008	Luminaires : Règles particulières Baladeuses (EN 60598-2-8)
	ENV 61111	ciens (EN 60903) Tapis en matériau isolant pour travaux élec-	NF S 61-820	Équipements des services de secours et de lutte contre l'incendie – Lances à main desti- nées à la lutte contre les incendies
	NF C 18-426	triques Protecteurs rigides pour travaux sous tension sur des installations à courant alternatif.	NF S 61-900	Extincteurs d'incendie portatifs – Caractéristiques et essais
	NF C 18-446	Travaux sous tension – Dispositifs portables de mise à la terre et en court-circuit	NF S 71-5XX (série)	Équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur
	NF C 18-461	Chaussures électriquement isolantes pour tra- vaux sur installations à basse tension	NF S 72-501 NF S 77-1XX	Casques de protection pour l'industrie Protection individuelle de l'œil

Les prescriptions relatives aux habilitations et à la consignation ont pour but d'assurer la sécurité des personnes contre les dangers d'origine électrique.

Domaines de

tension

Très hacco

#### **DÉFINITIONS RELATIVES AUX GRANDEURS ÉLECTRIQUES :**

#### • Tensions

- Les installations et les équipements électriques ainsi que les ouvrages, sont classés en fonction de la plus grande valeur des tensions nominales (valeur efficace) existant :
- entre deux conducteurs ou pièces conductrices quelconques,
- entre un conducteur ou pièces mécaniques et la terre (ou les masses).
- Dans les conditions normales d'exploitation, la tension nominale d'un ouvrage peut dépasser de 10 % au maximum sans entraîner une modification du domaine des tensions.
   En courant continu cette augmentation peut aller jusqu'à 20 % (en traction électrique).
- Cas particulier de la très basse tension (TBT)
- Pour des travaux et interventions réalisés sur des installations ou équipements en TBT, il faut distinguer ceux :
  - réalisés en très basse tension de sécurité (TBTS),
  - réalisés en très basse tension de protection (TBTP).
  - réalisés en très basse tension fonctionnelle (TBTF).

tension (domaine TBT)		<i>U</i> <sub>n</sub> ≤ 50	<i>U</i> <sub>n</sub> ≤ 120	
Basse BTA		50 < U <sub>n</sub> ≤ 500	120 < U <sub>n</sub> ≤ 750	
	domaine BTB	500 < U <sub>n</sub> ≤ 1 000	750 < U <sub>n</sub> ≤ 1500	
Haute	domaine HTA	1 000 < U <sub>n</sub> ≤ 50 000	1500 < U <sub>n</sub> ≤ 75 000	
tension	domaine HTB	U <sub>n</sub> > 50 000	<i>U</i> <sub>n</sub> > 75 000	

en courant

alternatif

Valeur de la tension nominale

Un exprimée en volts

en courant

continu lisse

Le courant continu lisse est celui défini conventionnellement par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % en valeur efficace, la valeur maximale de crête ne devant pas être supérieure à 15 %. Pour les autres courants continus, les valeurs des tensions nominales sont les mêmes que pour le courant alternatif.

#### Tableau des domaines de tension

#### • Installations ou équipements en TBTS :

- toutes les parties actives sont séparées : des parties actives de toute autre installation par une isolation double ou renforcée. (1)
- toutes les parties actives sont isolées de la terre et de tout conducteur de protection appartement à d'autres installations (2)

#### • Installations ou équipements en TBTP :

installations répondant à la première condition (1) en TBTS, mais qui ne sont pas soumises à la seconde condition (2) en TBTS.

#### Installations ou équipements en TBTF :

- les installations qui ne peuvent être classées en TBTS ou en TBTP sont classées en TBTF.

#### **DÉFINITIONS RELATIVES AUX OPÉRATIONS:**

#### • Travaux :

Toute opération dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir ou de réparer un ouvrage électrique.

#### Travaux d'ordre électrique :

 Travaux qui concernent pour un ouvrage, les parties actives, leurs isolants, la continuité des masses et d'autres parties conductrices des matériels ainsi que le conducteur de protection des installations (formation élémentaire en électricité).

#### Travaux d'ordre non électrique :

 Travaux concernant d'autres parties d'ouvrages électriques, non liés directement à la sécurité électrique (gaines, enveloppes...) ou ne nécessitant pas de formation en électricité (maçonnerie, peinture, nettoyage...).

#### Interventions:

Opérations de courte durée sur une faible partie de l'ouvrage, réalisées sur une installation ou un équipement.
 La notion d'intervention est limitée aux domaines TBT et BT.

#### Interventions de dépannage :

- remédier rapidement à un défaut susceptible de nuire :
  - à la sécurité du personnel ou du public.
  - à la conservation des biens,
  - au bon fonctionnement partiel ou total d'une installation électrique.

#### Interventions de connexion avec présence de tension :

opérations de connexion et de déconnexion des conducteurs sur des circuits maintenus sous tension (opérations limitées aux domaines TBT et BTA).

#### Interventions particulières de remplacement :

Opérations de remplacement d'appareillage (fusibles, lampes...) pouvant être effectuées avec mesure de tension sans risque particulier notamment d'explosion.

#### 3.3.6. DÉFINITIONS

#### · Manœuvres.

- Opérations conduisant à un changement de la configuration électrique d'un réseau, d'une installation ou de l'alimentation électrique d'un équipement.
- Ces opérations sont effectuées à l'aide de dispositifs ou d'appareils spécialement prévus à cet effet (sectionneurs, interrupteurs, disjoncteurs...) dans un ordre de manœuvre qui peut être imposé.

## On distingue:

### - Les manœuvres de consignation.

- opérations coordonnées effectuées pour réaliser la consignation (ou la déconsignation) d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement électrique.
- Elles peuvent être exécutées localement ou à distance.

## - Les manœuvres d'exploitation.

- modifier l'état électrique d'un réseau ou d'une installation dans le cadre du fonctionnement normal.
- mettre en marche, régler ou arrêter un équipement (y compris le réarmement d'un relais de protection)
- connecter ou déconnecter, mettre en marche ou arrêter les matériels ou équipements amovibles spécialement conçus pour être connectés ou déconnectés sans risque (prise de courant, connecteurs BT).
- ces manœuvres peuvent être effectuées localement ou à distance.

## - Les manœuvres d'urgence.

- Elles sont imposées par les circonstances pour assurer la protection des personnes et des biens.

#### · Mesurages.

Opérations permettant le mesurage de grandeurs électriques, mécaniques, thermiques.... Elles concernent essentiellement la mise en œuvre d'appareils mobiles.

#### · Essais.

Opérations destinées à vérifier le fonctionnement ou l'état électrique ou mécanique ou... d'un ouvrage qui reste alimenté par le réseau ou par l'installation. Elles sont plus adaptées aux réseaux ou aux ouvrages de production publics, ou aux installations étendues.

## · Réquisition (essais sous alimentation auxiliaire).

- Opération qui permet, après séparation d'un ouvrage de ses sources normales d'alimentation en énergie, de le réalimenter par des sources auxiliaires pour effectuer des mesurages, essais ou vérifications.
   Certaines procédures prévoient le transfert de la responsabilité de l'ouvrage du chargé d'exploitation vers le chargé de réquisition.
- Cette définition est plus particulièrement adaptée aux réseaux ou aux ouvrages de production publics ou aux installations étendues.

#### Vérifications.

- Opérations destinées à s'assurer qu'un ouvrage est conforme aux dispositions prévues. Certaines sont de nature technique et préalables à la mise sous tension (contrôle de phases...), d'autres sont imposées par le code du travail dans le but de rechercher si les ouvrages sont établis et entretenus conformément aux textes réglementaires.
- Certaines vérifications sont visuelles, d'autres comprennent des phases de mesurage et des essais.

## • Opérations particulières d'entretien avec présence de tension.

Elles concernent les batteries d'accumulateurs, les batteries de condensateurs, la rectification de bagues et de collecteurs...

## · Régime spécial d'exploitation.

Ensemble de dispositions à prendre pour l'exploitation de l'ouvrage ou de l'installation, lors des travaux sous tension, afin de limiter les conséquences d'un éventuel incident et d'éviter les remises sous tension automatiques ou volontaires après un déclenchement des protections (ex : suppression des réenclenchements automatiques, modification du réglage des protections, interdiction de remise en service après déclenchement...) «Travaux sous tension» § 3.3.4.

## • Consignation et déconsignation électrique d'un ouvrage (§ 3.3.4.) :

## Consignation - Arrêt d'une machine ou d'un arrêt.

Opération qui consiste à effectuer une ou plusieurs manœuvres de sécurité pour en interrompre le fonctionnement et interdire la présence et éventuellement le maintient de toute source possible d'énergie. Cette tâche incombe, en général, aux personnes qualifiées.

## Séparation d'un ouvrage.

- Action d'opérer le sectionnement de tous les conducteurs actifs provenant des sources d'alimentation de cet ouvrage, par exemple : ouvrir un sectionneur, déposer des ponts, ouvrir des appareils assurant une fonction de coupure (disjoncteurs, interrupteurs, ...) à condition que les caractéristiques du matériel assurant cette fonction répondent aux critères de séparation.

## Condamnation d'un appareil de séparation ou de sectionnement.

- Condamner un appareil, c'est effectuer les opérations nécessaires pour :
  - le mettre et le maintenir dans une position déterminée (ouvert ou fermé).
  - interdire sa manœuvre et signaler que l'appareil condamné ne doit pas être manœuvré.
- Cette définition s'applique aux opérations électriques et, dans certains cas de consignation d'arrêt à des opérations mécaniques, hydrauliques, thermiques, ...

## Mise hors tension d'un ouvrage.

- C'est l'état dans lequel se trouve un ouvrage lorsque la tension a été supprimée. Cet état, à lui seul, ne permet pas d'engager des travaux ou des interventions.

## DÉFINITIONS RELATIVES AUX DISTANCES, ZONES ET LOCAUX.

## Distance minimale d'approche (dma)

- Pour une pièce conductrice donnée (conducteur actif ou structure conductrice quelconque) dont le potentiel est différent de celui de l'opérateur, considéré comme étant au potentiel de la terre, la distance minimale d'approche dans l'air (D) est la somme des deux distances ci-après.

#### Distance de tension t

- En l'absence de dispositifs appropriés de protection ou de mise hors de portée de la pièce conductrice. cette distance est donnée par :

 $t = 0.005 \times U_{\rm p}$ 

t: distance de tension en mètres,

Un: valeur nominale de la tension exprimée en kV (résultat arrondi au décimètre le plus proche, sans pouvoir être inférieur à 0,10 mètre sous le domaine de la HT)

- Si l'opérateur est à un potentiel différent de celui de la terre, cette distance doit être modifiée en conséquence. Elle doit être augmentée, en particulier en HTB, quand on veut prendre en compte des phénomènes de surtension. Cette augmentation est à définir en accord avec l'exploitant.
- En courant continu, les distances de tension ne sont pas précisées. Cependant, pour les valeurs de tension ≤ 1500 Volts, cette distance est pratiquement nulle. Pour les valeurs de tensions supérieures, par prudence, on prendra les distances retenues pour les tensions alternatives.

#### Distance de garde a :

- Cette distance a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent de respecter la distance de tension et de lui permettre de faire son travail en toute tranquillité.
- Cette distance g est égale à:
  - 0,30 m pour le domaine de tension BT
  - 0.50 m pour le domaine de tension HT
- Pour les valeurs nominales de tension les plus courantes, les valeurs de t, g et D sont indiquées dans le tableau ci-contre.

Tension nominale	Distance de tension	Distance de garde	Distance minimale d'approche entre phase et terre		
Un (kV)	t (m)	<b>g</b> (m)	<b>D</b> (m)		
0,4	0 (*)	0,30	0,30		
1	0 (*)	0,30	0,30		
15	0,10	0,50	0,60		
20	0,10	0,50	0,60		
30	0,20	0,50	0,70		
63	0,30	0,50	0,80		
90	0,50	0,50	1		
150	0,80	0,50	1,30		
225	1,10	0,50	1,60		
400	2	0,50	2,50		

## **DÉFINITIONS**

## DISTANCES LIMITES DE VOISINAGE

 Elles permettent de définir les zones des travaux et d'interventions dites au voisinage. Ces distances sont déterminées en fonction de la tension. Elles concernent les travaux exécutés par des personnes

habilitées ou par des personnes non habilitées surveillées par des personnes habilitées.

- Distances limites de voisinage des pièces conductrices nues sous tension :
- a) domaine BT: 0,30 m

## b) domaines HT:

- tension nominale comprise entre 1000 et 50 000 V : 2 m
- tension nominale comprise entre 50 et 250 kV : 3 m
- tension nominale supérieure à 250 kV : 4 m

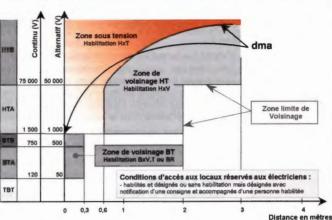


Fig. 6 – Distance limite des pièces nues sous tension à l'intérieur d'un local réservé aux électriciens

 Ces distances tiennent compte des risques de contact ou d'amorçage avec des pièces nues sous tension, elles ne tiennent pas compte des risques éventuels dus aux phénomènes d'induction auxquels peuvent être soumis des ouvrages hors tension.

#### Zone de travail :

- Zone dans laquelle l'opérateur évolue avec les outils et le matériel. À l'intérieur de cette zone, qui doit être balisée, ne doivent pénétrer que les personnes autorisées ou désignées.
- La notion de zone de travail est à prendre en considération, quelle que soit l'opération à effectuer, suivant qu'il s'agit de :
  - travail hors tension,
  - travail sous tension
  - travail au voisinage des pièces nues sous tension,
  - intervention.

### Balisage de la zone de travail :

Délimitation matérielle d'une zone de travail à l'aide de banderoles, filets, barrières, etc.

#### Écran

- Obstacle concu pour éviter l'approche ou le contact de pièces nues sous tension.
- Il peut également délimiter une zone de travail.
- Il peut être réalisé en :
  - matériau conducteur mis à la terre,
  - matériau non conducteur sans garantie isolante déterminée,
  - matériau isolant ou isolé.
- Pour utiliser ces écrans, il doit être établi des consignes d'emploi en fonction des caractéristiques mécaniques et diélectriques des matériaux utilisés et des tensions mises en jeu.

#### Protecteur:

 Enveloppe isolante qui possède des caractéristiques diélectriques contrôlées. Elle est fixée sur les pièces nues sous tension. Les précautions d'emploi (humidité) et les tenues (mécaniques et diélectriques) doivent être précisées afin de définir les conditions d'utilisation.

## Locaux d'accès réservés aux électriciens.

 Volume ordinairement enfermé dans une enceinte quelconque (armoire, maçonnerie, clôture, ...) et pouvant contenir des pièces nues sous tension dont le degré de protection, défini par la norme en vigueur (NFC 20-010) est inférieur à l'indice IP 2X en BT (NFC 15-100) et IP 3X en HTA (NFC 13-200).

3.3.7.
DISTANCES
LIMITES
ET ZONES
D'ENVIRONNEMENT

## ZONES D'ENVIRONNEMENT ET RÈGLES À APPLIQUER DANS CHAQUE ZONE

#### Détermination des zones d'environnement.

- Voir définition des quatre zones (Fig. 7).

## Règles à respecter selon les zones d'environnement

#### Zone 1:

- L'accès aux locaux ou emplacements d'accès réservés aux électriciens n'est autorisé qu'aux personnes désignées par l'employeur. Ces personnes doivent être soit habilitées à travailler sur les ouvrages du domaine de tension considéré dans le local, soit, si elles ne sont pas ainsi habilitées, avoir reçu notification d'une consigne écrite ou verbale et être surveillées par une personne habilitée et désignée à cet effet. Cette surveillance n'est pas nécessaire si la limite, entre les zones 1 et 2 en HT et entre 1 et 4 en BT, est matérialisée dans le local ou sur l'emplacement.
- Pour les travaux ou interventions exécutés à proximité des installations dans le domaine TBTS et TBTP,
   il convient de prendre en compte les risques d'explosion, les risques de court-circuit ou de brûlures.

#### Zone 2:

#### - Règles à respecter :

- établissement et notification au personnel d'une consigne particulière ou d'une IPS (Instruction Permanente de Sécurité) précisant les mesures de sécurité à respecter,
- désignation par l'employeur du personnel autorisé à travailler au voisinage de pièces nues sous tension du domaine de tension considéré.
- délimitation matérielle de la zone de travail.
- dans le cas de voisinage de pièces nues sous tension, pour des personnes conduites à s'approcher de la zone 3, surveillance permanente par une personne habilitée H.

#### Zone 3:

 Dans cette zone, les travaux ne peuvent être effectués qu'en appliquant les règles relatives aux travaux sous tension.

## Zone 4:

- Les travaux doivent être réalisés :
  - soit en appliquant les règles relatives aux travaux sous tension,
  - soit en appliquant les règles d'intervention en BT,
  - soit en appliquant les règles de travail au voisinage : établissement et notification au personnel d'une consigne précisant les mesures de sécurité à respecter,
- désignation par l'employeur du personnel autorisé à travailler au voisinage de pièces nues sous tension au domaine de tension considéré,
- délimitation matérielle de la zone de travail.

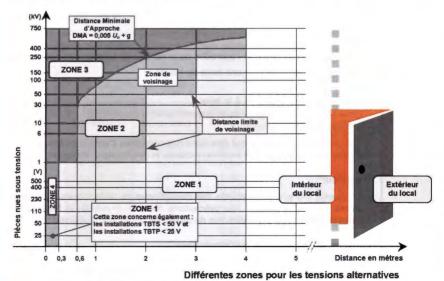


Fig. 7 - Différentes zones pour les tensions alternatives

DISTANCES
LIMITES
ET ZONES
D'ENVIRONNEMENT

# 3.3.8. PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES POUR LES TRAVAUX AU VOISINAGE DE PIÈCES NUES SOUS TENSION DU DOMAINE BT

#### Généralités

- Le travail est dit effectué au voisinage lorsque l'exécutant, ou les objets qu'il manipule, se trouvent dans la zone 4, à une distance inférieure à 0,30 m à partir des pièces nues sous tension mais sans qu'il y ait contact intentionnel avec ces pièces nues.
- Les pièces nues sous tension qui ne sont accessibles qu'à l'aide d'un outil ou qui ne sont pas accessibles au doigt d'épreuve défini par la norme NFC 20.010 et correspondant au degré de protection IP2X, ne sont pas à considérer comme des pièces sous tension au sens du présent article.
- Parmi les opérations élémentaires ou les combinaisons d'opérations élémentaires pouvant mettre les personnes au voisinage de pièces nues sous tension du domaine BT, situées en zone 4, les exemples suivants :
  - la mise en place et le retrait d'écrans isolants ou de protecteurs,
  - la pose ou la dépose et le raccordement hors tension d'appareillage électrique,
  - la pose ou la dépose de matériels non électriques divers (vannes, profilés, ...)
  - le nettoyage et la peinture du matériel électrique.

## · Travaux d'ordre électrique :

- a) Le personnel doit posséder une habilitation B1 au minimum et être autorisé à travailler au voisinage des pièces nues du domaine BT. Il doit être, en plus, désigné et avoir reçu l'ordre d'exécution.
- b) Une consigne doit être portée à la connaissance des exécutants, elle peut être :
- soit une Instruction Permanente de Sécurité (IPS) pour des travaux répétitifs,
- soit une consigne particulière définissant les précautions à prendre pour un travail donné ; elle sera signifiée aux exécutants, par le chargé de travaux, avant le début d'exécution.
- c) La délimitation matérielle de la zone de travail, par le chargé de travaux, conformément à la consigne, doit être mise en place dans tous les plans où cette délimitation est nécessaire à la protection. En particulier, dans le cas d'une entreprise intervenante, l'inspection préalable, commune avec le chef d'établissement ou l'exploitant, prévue par le décret N° 92 158 du 20 février 1992, sera effectuée pour préciser les limites de la zone de balisage des voies d'accès.
- d) Lorsqu'une personne est amenée à supprimer une protection contre les contacts directs (par exemple l'ouverture d'une armoire contenant du matériel électrique) des pièces nues du domaine BT devenant alors accessibles, un balisage doit être effectué pour interdire l'accès de celles pour lesquelles la personne elle-même ne fait pas écran.

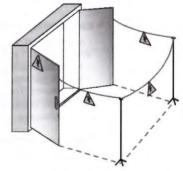
## Exemple : ouverture d'une armoire considérée comme local réservé aux électriciens



Exemple de local fermé



Exemple de local ouvert (en cours d'intervention, l'opérateur forme écran)



Exemple de balisage (en cours d'intervention l'opérateur se déplace et ne forme plus écran constamment)

## • Travaux d'ordre non électrique :

- Appliquer les dispositions ci-dessus mais avec les modifications suivantes :
- a) l'habilitation du personnel d'exécution n'est pas nécessaire,
- b) la consigne prévue au paragraphe b ci-dessus doit être complétée, en accord avec le chargé d'exploitation, pour prévoir les modalités de délimitation matérielle de la zone de travail.

 c) la surveillance du personnel doit être assurée, sauf si les exécutants sont habilités B, par une personne habilitée B (surveillant de sécurité électrique).

Le surveillant de sécurité veille à ce que toutes les mesures de sécurité, prévues par la consigne mentionnée au paragraphe b ci-avant, soient appliquées.

Si le personnel est habilité B0, il est autorisé à travailler au voisinage (lettre V sur son titre d'habilitation).

- Modalités à respecter en début et en fin d'exécution des travaux au voisinage de pièces nues sous tension du domaine BT.
- Voir § 3.3.4 sur la consignation et la déconsignation.
- Prescriptions particulières pour les travaux au voisinage de pièces nues sous tension du domaine HT:
- Domaine essentiellement réservé aux spécialistes fournisseurs de courant.
- Travaux au voisinage de canalisations électriques isolées :
- Le contact avec l'enveloppe extérieure d'une canalisation électrique isolée est autorisé sous réserve du respect de certaines précautions.

Exemple : déplacement de canalisations électriques isolées maintenues sous tension :

- cette opération doit rester exceptionnelle. Le chargé d'exploitation doit identifier la canalisation, la marquer en présence du chargé de travaux ou du surveillant de sécurité électrique, décider si le déplacement peut être effectué sous tension et en déterminer les conditions. Établir une consigne éventuellement. En cas d'approche d'une pièce nue ou non isolée, voir la procédure « Travaux sous tension » § 3.3.3.
- · Exécution de travaux au voisinage de canalisations électriques souterraines ou encastrées
- Lorsque ces travaux sont exécutés à moins de 1,50 m d'une canalisation électrique isolée, il y a lieu d'appliquer les règles suivantes. Si ces règles ne sont pas applicables, la canalisation doit être consignée.
- Le balisage du tracé ou de l'emprise au sol doit être réalisé de façon très visible et un surveillant de sécurité électrique suivra le déroulement des travaux. L'approche de la canalisation électrique est possible dans les conditions suivantes :
  - Si les travaux sont exécutés à la main (pelle, pioche, burin), il est possible de s'approcher de la canalisation sans la heurter.
- Si les travaux sont exécutés avec des engins mécaniques, il faut prendre les précautions nécessaires pour éviter d'endommager la canalisation.
- Dans les cas considérés précédemment, la procédure sera la suivante :
- établissement et notification au personnel d'une consigne précisant les mesures de sécurité à respecter.
- délimitation matérielle de la zone de travail.
- surveillance à moduler suivant les indications retenues.
- · Exécution de travaux au voisinage de canalisations isolées aériennes ou en élévation.
- L'ouvrage étant visible, un surveillant de sécurité électrique doit être désigné pour surveiller le personnel dès qu'il approche ses outils à une distance :
  - nulle, mais sans heurter l'ouvrage, lorsque les travaux sont exécutés sans moyens mécaniques (scies à main, haches, serpettes, burins, marteaux). Dans ce cas particulier, si la personne est habilitée, la surveillance n'est pas exigée,
  - de 30 cm lorsque les travaux sont exécutés à l'aide de moyens mécaniques (engins élévateurs, grues, tronçonneuses,...).

## Conditions atmosphériques

- Limitations apportées aux travaux sous tension en basse tension en fonction des conditions atmosphériques.
- Limitations apportées aux travaux sous tension en haute tension en fonction des conditions atmosphériques.
- Recueil UTE C 18-510 (tableaux II et III)

## CONDITIONS NÉCESSAIRES À L'HABILITATION :

Pour obtenir l'habilitation l'éventuel intervenant doit suivre une formation spécifique à la prévention contre des risques électriques pour lui-même et pour les personnes placées sous sa responsabilité.

PRESCRIPTIONS
PARTICULIÈRES
POUR LES
TRAVAUX AU
VOISINAGE DE
PIÈCES NUES
SOUS TENSION
DU DOMAINE BT

#### · Définition de l'habilitation :

- C'est la reconnaissance, par son employeur, de la capacité d'une personne à accomplir en sécurité les tâches fixées. L'habilitation n'est pas directement liée à la position hiérarchique ni à la classification professionnelle. L'habilitation est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et par l'habilité.
- La délivrance d'une habilitation par l'employeur ne dégage pas pour autant la responsabilité de ce dernier.
- L'habilitation n'autorise pas, à elle seule, un titulaire à effectuer, de son propre chef, des opérations pour lesquelles il est habilité. Il doit être, en outre, désigné par son employeur pour l'exécution de ces opérations.
- L'affectation à un poste de travail peut constituer une désignation implicite.
- Cette reconnaissance nécessite :
  - une connaissance et une préparation des tâches fixées en tenant compte de l'état des installations,
  - le respect des connaissances développées ci-après.

## · Conditions nécessaires à l'habilitation :

## - Qualification technique/connaissance des règles de l'art.

- Cette qualification est nécessaire pour assurer la qualité du travail et effectuer les tâches en sécurité.

## - Aptitude médicale.

- Tout salarié doit être titulaire d'un avis d'aptitude à effectuer les travaux confiés, délivré par le médecin du travail, dans le cadre général des visites réglementaires (code du travail).
- Pour cela, le médecin du travail sera informé, s'il y a lieu, des tâches d'ordre électrique confiées aux salariés afin qu'il puisse adapter, à son initiative, les examens médicaux jugés utiles.

### · Formation à la sécurité électrique :

## - Formation théorique

- Le recueil UTE C 18-510 contient les éléments nécessaires Cependant la formation doit être adaptée aux :
  - particularités des installations (complexité, variabilité),
  - compétences initiales et attributions futures du personnel à habiliter.
- Pour cela il est nécessaire d'analyser préalablement les besoins de l'entreprise afin de définir exactement le niveau d'habilitation nécessaire.
- La formation à l'habilitation pourra être optimisée en fonction du niveau des stagiaires et des objectifs de l'entreprise, après avis des personnes compétentes et notamment : du formateur après visite des installations en cas de formation intra-entreprise, ou des membres du CHSCT.

#### - Formation pratique.

- Mise en pratique des connaissances théoriques acquises, si possible sur les installations de l'entreprise,
- Rappel des particularités des installations et du matériel utilisé.

#### · Attestation de formation :

 A l'issue de la formation, le stagiaire recevra, du formateur, une attestation dans laquelle seront mentionnés:

le nom et le prénom du stagiaire, le type de stage et sa durée effective, la réussite ou non du stagiaire à l'évaluation finale (à préciser le contenu de l'évaluation à l'employeur).

## Stage complémentaire

 Dans le cas de changement de niveau d'habilitation, un stage complémentaire correspondant au niveau requis sera nécessaire.

#### · Délivrance du titre d'habilitation :

## Délivré par l'employeur en fonction :

- des connaissances techniques de la personne à habiliter,
- de l'aptitude médicale de la personne à habiliter,
- de l'attestation du formateur.

#### Dans ce titre d'habilitation, doivent être définis :

- le niveau d'habilitation,
- les tâches autorisées.
- les secteurs géographiques, installations ou/et chantiers autorisés.
   (voir recueil UTE C 18-510)

# 3.3.9. FORMATION ET HABILITATION

## Place de l'habilitation dans la prévention des risques électriques.

Rappel : Toute opération effectuée sur des installations électriques qui n'ont jamais été mises sous tension ne nécessite pas d'habilitation du personnel (sauf en cas de voisinage d'autres installations sous tension).

 L'habilitation du personnel ne dispense pas de veiller à ce que les tâches à effectuer soient précédées des actions suivantes :

### Analyse des risques (et informations mutuelles dans le cas d'entreprises intervenantes).

- Bien des cas d'accidents surviennent sur des installations restées sous tension, ou non complètement consignées. L'analyse des causes de ces accidents montre, généralement, qu'une étude préalable aurait permis la mise hors tension complète de la zone concernée.
- C'est pourquoi les opérations doivent être effectuées, chaque fois que c'est possible, hors tension.
- Les travaux peuvent être effectués sous tension lorsque les conditions d'exploitation rendent dangereuse ou impossible la mise hors tension ou si la nature du travail requiert la présence de la tension. Dans ce cas, les travailleurs doivent avoir reçu une formation spécifique et doivent posséder une habilitation particulière. Ils doivent également avoir reçu une instruction de service qui indique les prescriptions à respecter.

## Préparation des opérations.

- Définir les opérations, durées, moyens de travail, accès et les moyens de secours. Une attention particulière sera portée en cas de travail isolé (arrêté du 14.02.1992).
- Déterminer la compétence nécessaire du personnel.
- Coordonner les opérations entre les différents intervenants de tous les corps de métiers.

## Vérification de l'absence de danger particulier.

- Il convient de vérifier au moins les points suivants :
  - plans et schémas à jour,
  - repérages lisibles et à jour,
  - qualité des équipements/câblages (ex : câbles non craquelés),
  - suppression des sources de risques : par exemple circuit de puissance séparé des circuits de commande dans les armoires électriques,
  - identification des sources multiples de tension au sein d'un même local/armoire.
  - moyens de consignation et déconsignation adaptés et situés à proximité de l'équipement à consigner.

## En complément :

- subdivision des circuits pour faciliter leur mise hors tension,
- utilisation de matériels et outils prescrits à l'annexe V du recueil UTE C18.510 et annexe X du recueil UTE C18-530.
- remise à jour des plans et schémas après travaux.

## · Cas particuliers :

#### Cas des entreprises extérieures.

– Lorsque l'employeur confie des travaux d'ordre électrique à des entreprises extérieures, il doit s'assurer qu'elles sont qualifiées et inscrites au registre du commerce et au répertoire des métiers comme entreprises de travaux électriques ou qu'elles possèdent des services spécifiques chargés de la réalisation et l'entretien des équipements électriques des matériels qu'elles fabriquent ou installent. Ses salariés ont été formés à la connaissance des risques électriques et des moyens de s'en prémunir et possèdent un titre d'habilitation adapté délivré par l'entreprise extérieure.

Il y a obligation que l'entreprise utilisatrice et l'entreprise extérieure se concertent.

## Cas du personnel intérimaire.

- Le chef d'établissement doit s'assurer que ce personnel a reçu la formation nécessaire à l'accomplissement des tâches d'ordre électrique ou non électrique qui lui seront confiées, ou éventuellement de la lui apporter, en vue de lui délivrer une habilitation.
- Le recours à un salarié temporaire nécessite les documents suivants :
  - une fiche de demande de mission établie par l'entreprise utilisatrice précisant :
  - la qualification souhaitée du salarié (habilitation requise)
  - le niveau d'habilitation qui lui sera nécessaire.
- une fiche à remplir par l'entreprise de travail temporaire (ETT) et destinée à fournir tous les renseignements utiles (formation, opérations déjà effectuées, habilitations obtenues précédemment...) à l'entreprise utilisatrice en vue de l'habilitation.

# FORMATION ET HABILITATION

## CLASSIFICATION DES DIFFÉRENTES HABILITATIONS SELON UTE C18-510

**HABILITATIONS** 

Chargé de consignation

Chargé de travaux

Chargé d'intervention

Exécutant électricien

Agent de nettoyage

Non électricien habilité

sous tension

## **Symboles**

### Lettres:

 La première lettre indique le domaine de tension des ouvrages sur lesquels le titulaire de l'habilitation peut travailler ou intervenir:

B : ouvrages du domaine BT et TBT

H: ouvrages du domaine HT.

 La deuxième lettre précise la nature des opérations qu'il peut réaliser :

R : indique que le titulaire peut procéder à des interventions de dépannage ou de raccorde-

ment, à des mesurages, essais, vérifications. Ce type d'habilitation ne peut être délivré que pour des ouvrages du domaine BT et TBT

C: indique que le titulaire peut procéder à des consignations,

T: indique que le titulaire peut travailler sous tension,

N: indique que le titulaire peut effectuer des travaux de nettoyage sous tension,

V : indique que le titulaire peut travailler au voisinage.

## Indices numériques :

- Indice 0 : personnel réalisant des travaux exclusivement d'ordre non électrique et/ou des manœuvres permises,
- Indice 1 : personnel exécutant des travaux d'ordre électrique et/ou des manœuvres (exécutant électricien),
- Indice 2 : chargé de travaux d'ordre électrique quel que soit le nombre d'exécutants placés sous ses ordres.

**Note** : — Pour les personnes habilitées à travailler au voisinage des ouvrages sous tension du même domaine de tension, il y a lieu d'adjoindre la lettre V aux symboles, **B0**, **B1**, **B2**, **H0**, **H1** et **H2** (il n'y a pas lieu de l'adjoindre aux symboles **T**, **R et N**)

- Une habilitation d'indice numérique déterminé entraîne l'attribution des habilitations d'indice inférieur, mais exclusivement pour les opérations sur les ouvrages du même domaine de tension pour une même nature d'opérations.
- Une habilitation BR entraîne l'habilitation B1
- Une habilitation BC ou HC n'entraîne pas l'attribution des autres types d'habilitation et réciproquement.
- Une même personne peut cumuler des habilitations de symboles différents.

#### Exemple de titre d'habilitation :

Nom : Bodson Prénom : Pierre Employeur : Société Dupont Fonction : Monteur Affectation : Services généraux

		Champ d'application				
Personnel	Symbole d'habilitation	Domaine de tension	Ouvrages concernés	Indications supplémentaires		
Non électricien habilité						
Électricien	B1-B1T H1	BTA réseaux 1 et 20 kV	ensemble du site			
Chargé de travaux ou d'interventions						
Chargé de consignation	ВС	ВТА	secteurs 1 et 2 uniquement			
Habilités spéciaux						

Le titulaire : Bodson Signature : PB Pour l'Employeur

Date : 01.01.2005 Validité : 1 an

Domaine HT

Travaux

Hors

tension

HC

H2

1

H1

1

HO

Sous

tension

1

H2T

1

H<sub>1</sub>T

HN

Domaine BT

Sous

tension

/

B2T

1

B<sub>1</sub>T

BN

Intervention

BC

1

BR

BR

/

Travaux

Hors

tension

BC

B2

/

B1

/

B<sub>0</sub>

Nom et Prénom : ROY Jean Fonction : Responsable Services Généraux

Signature: RJ

#### RECYCLAGE

#### Périodicité normale

# FORMATION ET HABILITATION

- Périodicité à définir en fonction des tâches effectuées :
  - complexité, fréquence des opérations,
  - évolution technologique des matériels.
  - diversité (par exemple, agents d'entreprises extérieures),
  - la périodicité suggérée est de 3 ans. Cette périodicité sera précisée par l'employeur. Une vérification annuelle des niveaux d'habilitation est recommandée.
- Recyclage à prévoir à chaque changement d'affectation, à chaque modification de structure du réseau électrique d'alimentation et de distribution dans le cas du personnel permanent d'entreprises fixes.

## **DÉFINITIONS RELATIVE AUX DOCUMENTS ÉCRITS.**

## Attestation de consignation pour travaux :

- Document établi par le **chargé de consignation** autorisant les travaux hors tension dans un local.
- Il comporte la date et l'heure de la consignation.
- Cette attestation est complétée par un avis de fin de travail établi sur le même document.

## Attestation de première étape de consignation :

- Document établi par le chargé de consignation, attestant qu'un ouvrage est séparé des sources d'énergie électrique et que toutes les dispositions ont été prises pour qu'il ne soit pas remis sous tension.
- Ce document précise au chargé de travaux qu'il ne pourra accéder à l'ouvrage qu'après avoir complété les opérations précédentes par l'identification et la vérification d'absence de tension suivie de la mise à la terre et en court-circuit.
- Elle comprend la date et l'heure des opérations. Elle est rédigée et signée par le chargé de consignation
- L'attestation est complétée par un avis de fin de travail établi sur le même document.

## Attestation de séparation du réseau de distribution public HT :

- Document établi et signé, avec la date et l'heure de séparation, par le chargé d'exploitation d'un réseau de distribution public HT à l'intention du chef d'établissement.
- Ce document certifie que le chargé d'exploitation du réseau a fait effectuer toutes les manœuvres et condamnations nécessaires pour que l'installation de l'établissement ou une partie de celle-ci, soit séparée de toute source possible de tension provenant du réseau et qu'il s'en est assuré à l'issue de la manœuvre. Il doit préciser les points de séparations en indiquant les appareils ouverts ou condamnés en position d'ouverture par le chargé d'exploitation.
- La séparation ne dispense pas de réaliser la consignation de l'installation sur laquelle les travaux sont effectués.

## Autorisation de travail :

- Document autorisant l'exécution des travaux d'ordre non électrique sur des ouvrages électriques ou des travaux à leur voisinage. Il est établi suivant les principes de l'attestation de consignation pour travaux ou de l'attestation de première étape de consignation.
- Il est remis à la personne à qui est confiée la direction des travaux (chef de chantier) soit par le chargé de consignation ou le chargé de travaux, dans le cas de travaux d'ordre non électrique, soit par le chargé d'exploitation dans le cas de voisinage.
- Document complété par un avis de fin de travail sur le même document.
- L'autorisation de travail cesse d'être valable dès sa restitution au chargé de consignation ou au chargé de travaux ou au chargé d'exploitation, que ce soit à titre de suspension ou à titre de fin de travail.

#### Autorisation de travail sous tension (ATST) :

- Document écrit, à durée de validité limitée, par lequel un chef d'établissement ou le chargé d'exploitation autorise un chargé des travaux à exécuter sous tension une tâche définie, dans des conditions précises de date et de lieu en précisant éventuellement, les dispositions particulières d'exploitation, notamment la durée prévisible. Il est complété par un avis de fin de travail sous tension établi sur ce document.

## Avis de réquisition :

Document, mentionnant la date et l'heure de la réquisition, rédigé et signé par le **chargé de réquisition** en deux exemplaires, sur des imprimés numérotés d'un carnet d'avis de réquisition. Un exemplaire est conservé par le **chargé de réquisition**, l'autre est remis, contre décharge, au **chargé d'essais**.

# 3.3.10. DÉFINITIONS RELATIVES AUX DOCUMENTS ÉCRITS

## Avis de fin de réquisition :

Document remis par le chargé d'essais au chargé de réquisition précisant qu'il a pris les mesures nécessaires pour restituer l'ouvrage en ordre de marche. Il est établi sur le même document que l'avis de réquisition, précise que les opérations pour lesquelles **l'avis de réquisition** avait été délivré, sont terminées.

## Cas particulier:

- L'attestation de séparation du réseau de distribution public HT n'est pas nécessaire lorsque le chargé d'exploitation du réseau a autorisé, par écrit, le chef d'établissement à procéder lui-même aux opérations permettant de séparer l'installation du réseau.
- Avant la séparation du réseau, le chef d'établissement informe le chargé d'exploitation qu'il va procéder à celle-ci.
- A la fin de la séparation et avant de retrouver la situation normale d'exploitation, le chef d'établissement informe le chargé d'exploitation de la fin de séparation.

## Conditions d'exécution du travail (CET). Fiches techniques (FT). Modes opératoires (MO) :

Ces documents, **rédigés sous l'autorité d'un organisme agréé**, sont utilisés dans le cadre des travaux sous tension.

#### Demande de travail sous tension :

Document écrit, par lequel un **chef d'établissement** fait connaître à une entreprise intervenante son intention de lui confier des travaux sous tension.

## Document de fin de séparation du réseau de distribution public HT :

- Document établi par le chef d'établissement sur l'attestation du réseau de distribution public HT qui lui a été remise.
- Par ce document, signé avec la date à l'heure de demande de fin de séparation, le chef d'établissement certifie que l'installation de l'établissement peut à nouveau recevoir la tension du réseau.
- Avant de remettre cette demande, le chef d'établissement doit avoir pris les mesures de sécurité permettant la remise sous tension de son installation.

## Fiche de manœuvre :

Document explicitant, dans l'ordre de leur réalisation, toute la procédure à respecter pour l'exécution des manœuvres, par exemple dans les procédures de consignation ou de déconsignation.

## Instruction de travail sous tension en BT (ITST) :

- Document écrit permanent, établi par l'employeur à l'usage du (ou des) chargé de travaux fixant les opérations BT habituelles qui, en raison de leur caractère, peuvent être exécutées sans autorisation de travail sous tension.
- Ce document peut remplacer en BT, la demande ou l'ordre de travail sous tension.

## Instruction permanente de sécurité (IPS) :

Document écrit permanent, établi par **l'employeur** à l'usage du **chargé de travaux**, fixant pour un ou plusieurs types d'opérations (hors tension, sous tension ou au voisinage) habituelles ou répétitives :

- les conditions d'exécution,
- les conditions relatives au personnel (désignation, habitation, surveillance).
- les conditions relatives au matériel et à l'outillage.
- les modalités des opérations, si nécessaire,
- les précautions à observer (balisage, matérialisation des limites...)
- Dans certains cas, l'IPS est appelée consigne particulière.

## Ordre de travail sous tension :

- Document par lequel un chef d'établissement ou d'entreprise désigne un chargé de travaux pour effectuer des travaux sous tension.
- Avant d'effectuer ces travaux, le chargé de travaux doit recevoir une autorisation de son employeur pour travailler sous tension.

## Domaine d'application

- Les interventions sont limitées aux domaines TBT et BT.
- Les interventions sur les équipements des domaines TBT et BTA qui comportent des circuits HT font l'objet de prescriptions (§ 3.3.8..)

#### Les interventions sont de trois sortes :

- interventions de dépannage, (§ 3.3.12.,)
- interventions de connexion avec présence de tension, (§ 3.3.12.,)
- interventions particulières de remplacement : de fusibles, de lampes ou de leurs accessoires voir article ci-après.
- Dans les zones présentant des risques d'explosion, il y a lieu de se conformer, quel que soit le type de travail ou d'intervention, aux règles spécifiques (§ 3.3.14.)

# Dispositions concernant le personnel et le matériel lors des interventions de dépannage ou de connexion.

#### Pour le personnel.

- Les personnes chargées des interventions doivent :
  - a) être habilitées BR, être désignées pour effectuer des interventions de dépannage ou de connexion dans une partie d'installation ou sur un type de matériel bien déterminé.
  - b) avoir l'accord du chef d'établissement ou du chargé d'exploitation ou de l'utilisateur et avoir reçu l'ordre de procéder à leur exécution.
  - c) avoir acquis la connaissance du fonctionnement de l'installation ou de l'équipement,
  - d) disposer d'appareils de mesurage ou de vérification (y compris les cordons et les pointes de touche) et d'outils adaptés aux opérations à effectuer, le tout en bon état de service.
- e) prendre toutes les mesures pour assurer la sécurité des tiers, celle des exécutants et leur propre sécurité vis-à-vis de tous les risques discernables.
- f) se prémunir contre les risques dus aux parties actives voisines de celles sur lesquelles ces personnes doivent intervenir.
- Le chargé d'intervention de dépannage, habilité BR, peut procéder lui-même aux opérations de consignation, au cours des interventions de dépannage dont il est chargé. Si les interventions BT sont effectués au voisinage des pièces nues sous tension HT, une habilitation complémentaire H avec indication de voisinage est requise.

## 3.3.11. INTERVENTIONS DU DOMAINE BT

### Pour le matériel

# Les personnes chargées des interventions doivent appliquer les prescriptions suivantes relatives :

## a) à la protection individuelle :

- porter un équipement individuel de protection adapté aux travaux à effectuer,
- ne pas porter d'objets personnels métalliques (chaînes, bracelets, colifichets),

#### b) à l'aménagement ou l'emplacement de travail :

- éliminer l'emplacement de travail et les zones à risques, un balisage doit interdire l'accès des pièces métalliques nues accessibles du domaine BT pour lesquelles la personne ne fait pas écran,
- disposer d'un emplacement dégagé et d'un appui solide assurant une position stable,
- s'isoler des éléments conducteurs (sol, charpentes,...) au moyen de matériel approprié (écran, tabouret, tapis, échelle, établi isolant ou isolé,...) lorsque des risques de contacts fortuits existent,

#### c) au matériel :

- utiliser des outils isolés ou isolants conformes à la norme en vigueur (§ 3.3.3.),
- utiliser des appareils portatifs de mesurage ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, ou de mauvais choix de gamme de mesurage.
- Le matériel et les outils utilisés doivent être d'un type conforme à des normes ou des spécifications techniques si elles existent.
- Avant son utilisation, le matériel collectif et individuel doit être contrôlé.

## GÉNÉRALITÉS.

## Une intervention de dépannage comprend les étapes suivantes :

- Étape 1 : recherche et localisation des défauts.
- Cette étape peut nécessiter la présence de tension et, éventuellement, de celle des autres sources d'énergie, s'il en existe (fluide sous pression, vapeur).
- Étape 2 : élimination du ou (des) défaut(s), réparation ou remplacement de l'élément défectueux
  - Cette étape ne nécessite pas la présence de tension (voir modalités pages 67 et suivantes).
- Étape 3 : réglages et vérifications du fonctionnement d'équipements ou d'appareils après réparation.
  - Cette étape nécessite habituellement la remise sous tension.

## PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 1 : RECHERCHE ET LOCALISATION DES DÉFAUTS

Les opérations suivantes peuvent être réalisées :

## a) En BT et TBT :

Mesurage des grandeurs électriques au moyen d'appareils de mesurage (ou de vérification) ne nécessitant pas l'ouverture de circuits.

L'ouverture des circuits, alimentés par le secondaire d'un transformateur de courant dont le primaire est sous tension ou susceptible de l'être (courant induit,...) est interdite (voir article page 86). Si cette ouverture s'avère nécessaire, les bornes secondaires du transformateur doivent être préalablement court-circuitées par un dispositif approprié.

## b) En BTA et TBT seulement :

- Mise en place (ou retrait) de pont électrique entre deux bornes de même polarité d'un circuit dans lequel ne passe pas plus de 50 A.
- Cette opération ne devra s'effectuer qu'à l'aide de cordons comportant en série un fusible (norme NFC 63. 210) type gG ayant un pouvoir de coupure minimal de 50 kA. L'intensité nominale de ce fusible doit être adaptée au courant du circuit.

#### - Débranchement et rebranchement sous tension ou hors tension de conducteurs :

Afin de limiter les conséquences en cas de court-circuit, cette opération est interdite sur les circuits non protégés correctement contre les surintensités. Elle n'est autorisée que pour les sections au plus égales à 6 mm² pour les circuits de puissance et 10 mm² pour les circuits de contrôle et de mesurage. Isoler tous les conducteurs après chaque débranchement.

## - Certaines opérations particulières :

- élimination temporaire d'un verrouillage électrique.
- manœuvres manuelles des relais et contacteurs électromagnétiques.

## PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 2 : ÉLIMINATION DU OU DES DÉFAUTS.

- Ces opérations ne doivent être entreprises qu'après consignation de l'équipement, en respectant les règles des travaux hors tension. Le chargé d'intervention remplit alors les rôles de chargé de consignation et de chargé de travaux.
- En fin de l'étape 2, le chargé d'intervention, après déconsignation de l'équipement, vérifie qu'il peut passer à l'étape 3; sans risque ni pour son personnel, ni pour le matériel.

## CAS PARTICULIERS.

#### 1) Appareils de séparation dans le champ de vision de l'opérateur :

Le balisage et la consignation ne sont pas obligatoires, si la zone de travail est d'un accès limité aux seuls opérateurs pendant la durée de l'intervention.

## 2) Équipements simples alimentés par cordon et fiche de prise de courant :

Le débranchement par retrait de la fiche du socle de la prise de courant constitue le moyen suffisant de séparation de l'équipement. Décharger les condensateurs en cas de présence dans un équipement.

# PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 3 : RÉGLAGES ET VÉRIFICATIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT.

- L'intervention est considérée comme terminée si l'équipement fonctionne normalement :
  - avec les organes affectés normalement à la commande (boutons, interrupteurs...),
  - avec les réglages normaux (de course, de niveau, de température,...),
  - si tous les dispositif, de protection mécanique et de verrouillage électrique sont capables d'assurer leur fonction (surintensité, fin de course...).

3.3.12.
INTERVENTIONS
DE DÉPANNAGE

- Note: si après vérifications, il demeure des anomalies ou des dispositifs provisoires, de nouvelles étapes 1 et 2 sont à prévoir.
- En fin d'intervention, le chargé d'intervention doit procéder à la remise en état des appareils,
- Le chargé d'intervention remet l'équipement à la disposition de l'exploitant et lui rend compte des interventions sur l'équipement (dépannage définitif ou dépannage provisoire avec ou sans limitations d'emploi.).

# INTERVENTIONS DE CONNEXION AVEC PRÉSENCE DE TENSION SUR UN OUVRAGE DU DOMAINE BTA

## Une intervention de connexion sur un ouvrage a pour but :

- soit de mettre en service un nouvel équipement,
- soit de modifier une connexion de conducteur sans perturber le fonctionnement de l'ouvrage (Généralités § 3.4.8)
- De telles opérations peuvent être exécutées : sans interrompre l'alimentation sur demande de la personne qui exploite l'ouvrage ou de l'utilisateur en respectant les prescriptions pour l'étape 1 pour le branchement ou le débranchement et les prescriptions pour l'étape 3 sur le réglage et la vérification du fonctionnement de l'équipement.
- En fin d'opération, le chargé d'intervention de connexion avec présence de tension doit avertir le chef d'établissement ou le chargé d'exploitation de l'ouvrage de l'achèvement de son intervention et des modifications apportées aux équipements mis éventuellement sous tension et en service.

## INTERVENTIONS PARTICULIÈRES DE REMPLACEMENT

Dans les zones présentant un risque d'explosion, les interventions de remplacement ne doivent pas se faire sous tension, même sur les installations du domaine **TBT**.

## REMPLACEMENT DE FUSIBLES BT

- a) Avant de remplacer un fusible, il convient d'éliminer le défaut ou la surcharge.
- b) Le remplacement d'un fusible BTA ou BTB doit être effectué en hors tension après avoir vérifié l'absence de tension.

Dans le cas d'un dispositif assurant la protection de l'opérateur (fusible protégé) il n'y a pas lieu de vérifier la mise hors tension et une personne non habilitée peut être désignée.

Dans les autres cas, le remplacement doit être effectué par des personnes habilitées B1 (sur consigne). B1T ou BR.

c) Le remplacement d'un fusible sous tension et en charge n'est autorisé qu'avec des fusibles conçus à cet effet et assurant la protection de l'opérateur.

### REMPLACEMENT DES LAMPES ET DES ACCESSOIRES DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE BT

- a) Le remplacement des lampes et des accessoires débrochables des appareils d'éclairage (starters) peut être effectué avec présence de tension par des personnes désignées, même non habilitées, lorsque le matériel est conçu pour la protection de l'opérateur.
- b) Lorsqu'il existe des risques de contact direct accidentel, ou bien quand le matériel présente des risques particuliers de contact accidentel ou d'incendie en cas de bris, le remplacement est effectué conformément aux prescriptions afin d'assurer la protection de l'opérateur contre les risques de :
  - contacts électriques,
  - court-circuit et si nécessaire, de bris de lampe.

La protection contre ces risques doit être assurée par l'utilisation de moyens appropriés (gants isolants, lunettes, masque,...) et le respect des conditions d'emploi des outils....

- c) Dans le cas de remplacement d'un accessoire non débrochable (transformateur, condensateur, douille, etc) l'opération doit être exécutée :
  - soit hors tension
  - soit dans les conditions d'un travail sous tension
- d) La destruction des lampes usagées doit faire l'objet d'une consigne, pour éviter tout risque d'accident (éclatement, blessure par coupure ou par contact avec des produits nocifs) aussi bien pour les exécutants que pour les tiers.

## INTERVENTION TEMPORAIRE D'UNE INTERVENTION

En cas d'interruption temporaire d'une intervention, toutes mesures doivent être prises pour interdire tout accès à des pièces nues sous tension, toute fausse manœuvre et tout fonctionnement intempestif.

## INTERVENTIONS DE DÉPANNAGE

## MANŒUVRES.

Manœuvres ayant pour but la consignation (ou la déconsignation) d'un ouvrage électrique.

- Travaux hors tension.(§ 3.3.4.)

Manœuvres ayant pour but la consignation (ou la déconsignation) d'une machine ou d'un appareil pour permettre des travaux d'ordre non électrique.

- Pour l'exécution de travaux d'ordre non électrique sur des parties non électriques de ces machines ou appareils, les manœuvres doivent s'inspirer des procédures de la consignation électrique d'un ouvrage et sont à définir, dans chaque cas particulier, par une consigne ou par une instruction permanente de sécurité.
- Dans certains cas, des opérations diverses au niveau des organes de manœuvre, imposent un personnel habilité C qui devra se conformer aux instructions sur les fiches de manœuvre préétablies

## Manœuvres d'exploitation.

- « Manœuvre » (§ 3.3.6.)
- Le personnel chargé des manœuvres d'exploitation doit être qualifié ou avoir reçu une consigne.
- Il doit être habilité ou non selon l'appareillage à manœuvrer. Habilitation exigée pour manœuvrer les appareils situés dans les locaux d'accès réservés aux électriciens. Cette habilitation doit être au moins B1V si le local contient, au voisinage du matériel à manœuvrer, des appareils BT ne possédant pas un niveau de protection au moins égal à IP2X et de symbole H1V si le local contient au voisinage du matériel à manœuvrer des appareils HTA ne possédant pas un niveau de protection au moins égal à IP3X.

## Manœuvres d'urgence.

- Les manœuvres des appareils assurant la fonction de coupure d'urgence pour des raisons évidentes de sécurité (incendie, électrisation, etc.) doivent être effectuées par toutes personnes présentes sur les lieux.
- Toutefois les manœuvres d'urgence sur les réseaux de distribution publics sont réservées au personnel qualifié.

## 3.3.13. MANŒUVRES MESURAGES ESSAIS

**VÉRIFICATIONS** 

#### MESURAGES DE GRANDEURS PHYSIQUES.

## Précautions fondamentales.

Les mesurages de grandeurs électriques entraînent les risques d'entrer en contact avec des pièces nues sous tension (parfois sous une tension de valeur inconnue)

## • Il est recommandé au personnel qui doit procéder à des mesurages :

- d'utiliser les dispositifs de protection individuels,
- d'utiliser des matériels adaptés au type de mesurage,
- de sélectionner rigoureusement le calibre à utiliser,
- de vérifier le bon état du matériel de mesurage et des dispositifs de protection,
- de veiller particulièrement aux risques de court-circuit.

## • Mesurages ne nécessitant pas l'ouverture de circuits électriques et réalisés à l'aide :

- a) de pinces ampèremétriques,
- b) de voltmètres,
- c) d'oscilloscopes ou d'appareils identiques opérant par captage de tension.
  - les mesurages effectués suivant les deux premiers cas (a) et (b) nécessitent une habilitation d'indice 1 minimum de la part de l'opérateur travaillant soit sur instruction, soit sous la direction d'un chargé de travaux ou d'un chargé d'interventions.

- Dans le cas de mesurages effectués avec un oscilloscope (c), la mise en œuvre de cet appareil s'apparente aux opérations réalisées lors d'interventions de raccordement et nécessite l'intervention d'un habilité BR ou sous la direction d'un chargé de travaux ou d'un chargé d'interventions, d'un habilité B1.
- Mesurages nécessitant l'ouverture de circuits électriques :
- Les mesurages effectués à l'aide de shunts, transformateurs d'intensité, wattmètres, etc., s'effectuent suivant la procédure utilisée pour les travaux ou interventions BT. Ils peuvent aussi être effectués suivant la procédure des travaux hors tension, sous tension et, si nécessaire, celles des travaux au voisinage.
- Mesurages de grandeurs électriques en HT :

Outre les dispositions prévues dans les mesurages ne nécessitant pas l'ouverture de circuits électriques, la mise en place et le retrait d'appareils permettant le mesurage des grandeurs électriques sur des circuits HT doivent être considérés comme des travaux et doivent être effectués en respectant les règles des travaux hors tension (§ 3.3.4.) et travaux sous tension (§ 3.3.3.) et si nécessaire, en tenant compte du voisinage.

· Mesurages de grandeurs non électriques :

Doivent être effectués conformément aux prescriptions relatives aux travaux au voisinage BT ou en HT ou aux travaux sous tension.

### ESSAIS.

Le personnel doit être habilité. Les protections individuelles doivent être adaptées aux essais.

Pour les essais effectués selon la procédure des travaux sous tension, les règles sur les travaux sur les installations de contrôle, de télétransmission et de télécommunication pouvant être le siège de tensions induites et sur les installations d'essais doivent être respectées.

- · Essais avec alimentation normale :
- Appliquer la procédure suivante :
  - soit des travaux sous-tension
  - soit des travaux hors tension et des manœuvres.
  - soit des interventions BT.
- Dans ces deux derniers cas, prendre en compte, si nécessaire, des problèmes liés au voisinage
- L'ouvrage à essayer reste placé sous la responsabilité du chargé d'exploitation.
- Le chargé d'exploitation ou le chargé de consignation remet au chargé d'essais, les documents nécessaires pour réaliser les essais : attestation de consignation pour travaux, de première étape de consignation et éventuellement, une autorisation de travail.
- · Essais comportant exclusivement des mesurages et des expérimentations hors tension.

Appliquer la procédure des travaux hors tension. Toutefois si les essais le nécessitent, le chargé d'essais peut décider de ne pas effectuer les mises à la terre et en court-circuit dans les zones de travail.

- Essais sous tension avec une alimentation extérieure autonome (réquisition)
- Le régime de réquisition suppose :
- la séparation totale de l'ouvrage de son alimentation normale,
- le transfert de l'ouvrage de l'autorité du chargé d'exploitation au chargé de réquisition,
- une alimentation extérieure autonome.
- Régime de réquisition (§ 3.3.6.)

## MANŒUVRES MESURAGES ESSAIS VÉRIFICATIONS

## · Essais en laboratoires ou sur plates-formes d'essais.

- les essais en présence de pièces nues sous tension réalisés en laboratoires et sur plates-formes d'essais peuvent se caractériser par des conditions exceptionnelles pour le matériel :
  - diminution des protections contre les risques de contact direct,
- régimes anormaux (surcharges, survitesse, surtensions, etc.),
- câblage et installations mécaniques provisoires,
- diminution des protections électriques et mécaniques, etc.
- Sans préjudice de l'application de l'arrêté du 13 décembre 1988 pris en application de l'article 22 du décret du 14 novembre 1988, ces conditions nécessitent :
  - a) un personnel individuellement désigné pour effectuer ces essais et habilité en conséquence,
  - b) un accès aux laboratoires et plates-formes d'essais strictement réglementé par une consigne de sécurité ou une instruction permanente de sécurité (IPS) pour les autres personnes.
- les prescriptions à appliquer sont celles :
  - 1) soit des travaux hors tension (§ 3.3.4.) et des manœuvres (§ 3.3.11.).
  - 2) soit des interventions BT (§ 3.3.9.)
  - 3) soit des travaux sous tension (§ 3.3.3.)
- Dans les deux premiers cas, si nécessaire, prise en compte des problèmes liés au voisinage
- Le matériel à essayer est placé sous l'autorité du chargé d'essais.
- Les matériels sont essayés soit avec une alimentation normale, soit avec un alimentation auxiliaire
   c) La zone d'essais est matérialisée et signalée.

## • Risques mécaniques.

Toutes précautions doivent être prises pour protéger les personnes présentes contre les risques mécaniques pouvant résulter des essais.

## · Fin des essais.

 A la fin des essais, le chargé d'essais restitue l'avis de fin de réquisition ou de fin de travail. Il doit préciser si l'installation concernée est en état de fonctionnement ou s'il y a des restrictions.

#### **VÉRIFICATIONS:**

- Pour effectuer des vérifications initiales ou périodiques, on applique les prescriptions des mesurages de grandeurs physiques ou des essais ci-dessus.
- Certaines vérifications techniques sur les ouvrages publics de distribution telles que la concordance des phases, la mesure d'intensité sur des conducteurs isolés,... peuvent être réalisées avec l'ouvrage sous tension, sous réserve d'utiliser du matériel approprié et de se maintenir à des distances suffisantes des pièces sous tension.

## Incendie sur les ouvrages électriques.

- Prescriptions générales :
- a) Mettre hors tension, chaque fois que possible, l'appareil en feu et éventuellement les ouvrages voisins.
- b) Se munir des moyens de protection contre les gaz toxiques si nécessaire.
- c) Fermer toutes les ouvertures munies de portes, fenêtres ou trappes qui ne servent pas d'exutoire.
- d) Ouvrir les exutoires de fumée,
- e) Utiliser des appareils mettant en œuvre :
  - de la neige carbonique (CO<sub>2</sub>)
  - de l'eau pulvérisée (les lances à jet de bâton sont interdites),
  - de la poudre (bicarbonate de soude hydrofugé),
  - des halogènes (de préférence à l'extérieur), après avoir vérifié que le produit est adapté.
  - Utiliser éventuellement le sable mis en place à cet effet.
- f) Attaquer le feu conformément aux indications portées sur les appareils,
- g) Assurer l'évacuation de tous les gaz toxiques.

#### Conduite à tenir en cas d'incident sur les réseaux aériens ou à leur voisinage.

### · Conducteur tombé à terre :

- s'il est nécessaire de dégager une victime, le faire avec un outil isolant ou isolé pour la tension mise en ieu.
- éviter de s'approcher du conducteur et empêcher quiconque de le faire,
- pour s'approcher de la victime ou s'en éloigner, le faire par bonds ou par petits pas, pour éviter le risque de choc électrique par tension de pas,
- prévenir le chargé d'exploitation par les moyens les plus rapides.

## • Incendie au voisinage d'une ligne :

- prévenir immédiatement le chef d'entreprise ou le chargé d'exploitation pour mise hors tension de la ligne,
- ne pas s'approcher d'un foyer situé au pied d'un support de ligne HT,
- ne pas utiliser de jet bâton sur un fover situé au pied d'un support de ligne.
- la réparation doit être effectuée par des personnes qualifiées.
- remettre sous tension après élimination du défaut.

### Incident en zone présentant des risques d'explosion.

En cas de déclenchement d'un matériel contrôlant une partie d'installation située en atmosphère à danger d'explosion, la remise sous tension ne doit intervenir qu'après contrôle du maintien des dispositions réglementaires relatives à la protection de ce risque.

## Dispositions à prendre en cas d'incident sur des équipements BT.

- Déclenchement sans manifestation extérieure.
- Avant d'intervenir : considérer que l'ouvrage est toujours sous tension.
- Si les causes sont connues, la personne chargée de la conduite d'un équipement (ou de sa surveillance) peut réarmer la protection et réenclencher une première fois.
- Toutefois, si l'organe de manœuvre n'est pas protégé avec, au minimum, un degré IP2X ou que son accès nécessite l'ouverture d'une armoire ou d'un coffret, cette opération ne peut se faire que par une personne habilitée et désignée.
- En cas de nouveau déclenchement ou si les causes sont inconnues, on fait appel à une personne habilitée d'indice BR et dûment autorisée.

## - Déclenchement avec manifestations extérieures.

Le réenclenchement n'est autorisé qu'après détection et élimination du défaut d'origine de l'incident.
 Ces interventions sont à exécuter dans le cadre défini au § 3.3.11 interventions du domaine BT.

## - Manifestations extérieures sans déclenchement.

- L'ouvrage affecté doit être mis hors tension dans les plus brefs délais.
- La réparation doit être effectuée par des personnes qualifiées.
- L'ouvrage ne peut être remis sous tension qu'après élimination du défaut et vérification du bon état de l'installation.

# 3.3.14. INCIDENTS ET ACCIDENTS SUR LES OUVRAGES ÉLECTRIQUES

## ATTITUDE À OBSERVER EN CAS D'ACCIDENT ÉLECTRIQUE (Fig. 8).

Selon le docteur Folliot, les premiers secours peuvent se résumer à la règle de « trois fois quatre ». « Trois actions » (protéger, alerter, secourir), chacune d'elles appelant « quatre interrogations » (qui ? quand ? comment ? pourquoi ?).

Protéger: Qui ? la victime, mais aussi son entourage et les intervenants.

Quand ? chaque fois que l'origine électrique de l'accident peut être soupçonnée.

Comment ? en supprimant la cause :

- mettre la victime hors tension, prévoir une chute éventuelle de la victime,
- baliser les lieux.
- penser aux risques adjacents (incendie, explosion, manque d'éclairage...).

Pourquoi ? en basse tension, des dispositions improvisées peuvent être prises.

En haute tension, sauf cas particulier ou matériel spécial, cette intervention ne peut concourir qu'à augmenter le nombre de victimes.

Alerter:

Qui ? les secours médicalisés spécialisés d'urgence (SAMU, POMPIERS, MÉDECINS, AMBULANCES) et s'il y a lieu, les secours locaux compétents (EDF, SNCF, etc.).

Quand ? en basse tension, si la victime a perdu connaissance, si des brûlures profondes ou étendues sont visibles :

en haute tension, dans tous les cas.

**Comment** ? en précisant l'endroit précis et le numéro de téléphone, origine de l'appel, le lieu exact de l'accident, la nature de l'accident, le nombre de victimes, leur état apparent, les gestes d'urgence déjà effectués, les risques particuliers (sous tension, dégagement à effectuer, etc.).

**Pourquoi** ? pour permettre aux secours médicalisés de prévoir le matériel et la suite du transport et du traitement.

Secourir: Qui doit ? toute personne présente et, par priorité, qualifiée (médecin, infirmier, bénévole de sang-froid).

**Quand** ? lorsque la victime présente les signes cliniques d'un arrêt respiratoire et, éventuellement, ceux d'un arrêt du fonctionnement cardiaque, lorsque des plaies sont apparentes ou qu'une chute est à présumer.

Comment ? « PREMIERS SOINS ». (voir ci-dessous)

**Pourquoi** ? l'arrêt respiratoire visible nécessite une ventilation assistée urgente et l'arrêt cardiaque par fibrillation entraîne la mort dans un délai de quelques minutes.

## **PREMIERS SOINS**

On rappellera quelques notions élémentaires particulières au risque électrique, et à lui seul, d'autres éléments pouvant intervenir (plaies, fractures, etc.)

- Ventilation assistée: Lorsque la ventilation est arrêtée (thorax et abdomen immobiles, absence de souffle par le nez ou la bouche) il faut toujours commencer par le dégagement des voies aériennes (bouche et trachée) c'est-à-dire:
  - desserrer le col de la chemise.
- passer un doigt dans la bouche pour la vider.
- renverser doucement la tête en arrière.

Si nécessaire, pratiquer la ventilation artificielle orale (bouche à bouche) ou manuelle.

- Massage cardiaque externe: Dans le cas de déclenchement de la fibrillation ventriculaire, seule l'entrée en jeu d'un défibrillateur électrique permet le remise en marche du fonctionnement cardiaque. En attendant la mise en place d'un tel appareil, il est nécessaire de pratiquer le massage cardiaque externe en alternance avec le bouche à bouche (cinq pressions pour une insufflation).

Il est essentiel de bien poser le diagnostic de la fibrillation midriase bilatérale, c'est-à-dire que les deux pupilles sont dilatées et insensibles à l'action de la lumière (lampe ou main masquant le soleil).

Le massage du cœur est urgent, pression à deux mains de 35 à 40 kg à trois doigts au-dessous de la pointe du sternum.

 Brûlures électriques: Le traitement des brûlés relève spécifiquement des milieux hospitaliers. Dans l'immédiat, les premiers secours consistent essentiellement à protéger les plaies par pansements secs et stériles, sans application d'aucun produit et sans déshabiller la victime.

3.3.15. SOINS AUX ÉLECTRISÉS

## **PROTÉGER**

Soustraire la victime aux effets du courant par mise hors tension.

Si la mise hors tension n'est pas possible par le sauveteur, prévenir le distributeur.

TOUTE INTERVENTION IMPRUDENTE DU SAUVETEUR RISQUE DE L'ACCIDENTER LUI-MÊME

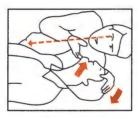
## **SECOURIR**

Assurer la respiration

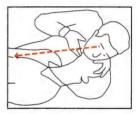
La victime est inanimée et ne répond pas. Thorax et abdomen sont immobiles.



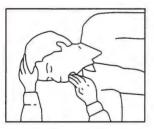
Basculer prudemment la tête en arrière et soulever le menton



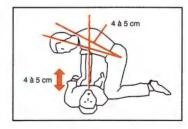
Observer écouter apprécier le souffle



Insuffler si arrêt ventilatoire



Évacuation éventuelle de corps étrangers en position latérale de sécurité



Massage cardiaque si nécessaire par sauveteur formé et entraîné

## **ALERTER**





Ne jamais abandonner les soins avant l'arrivée des secours spécialisés

Fig. 8 - Soins aux électrisés : affiche réglementaire.

# 4. LES SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE

## 4.1. ÉTUDE DES SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE (SLT) ET LES RISQUES ENCOURUS

D'après SCHNEIDER ELECTRIC

## **RÉGIMES DE NEUTRE ET SLT**

Le régime de neutre en BT fait partie du « schéma des liaisons à la terre », notion normalisée (entre autres par la CEI 364 et la NF C 15-100) qui recouvre le mode de liaison à la terre :

- du neutre du secondaire du transformateur HT/BT d'une part (c'est-à-dire des conducteurs actifs), qui peut être :
  - relié à la terre, directement ou par une impédance.
  - isolé de la terre.
- des masses de l'installation d'autre part. Ces dernières sont toujours reliées à la terre du bâtiment où elles sont installées, soit directement, soit par le conducteur de neutre.

Dans la suite du document nous utiliserons la dénomination « schémas des liaisons à la terre » le plus souvent sous la forme abrégée SLT.

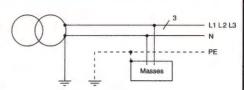


Fig. 1 - Schéma TT

## **CODIFICATION DES SLT**

Les schémas des liaisons à la terre sont désignés par deux lettres et une troisième lettre facultative :

Caractérise le point neutre du transformateur ou de la source :

- I : isolé de la terre.
- T : relié à la terre.

### Deuxième lettre

IDENTIFICATION **DES SLT** 

Caractérise les masses électriques des récepteurs :

- T : reliées à la terre.
- N: reliées au conducteur neutre (N).

## Troisième lettre (facultative)

Situation du conducteur neutre (N) et du conducteur de protection (PE):

- C: N et PE confondus en un conducteur « Commun » PEN.
- S: N et PE « Séparés ».

Le tableau ci-dessous résume ces conventions.

1ère lettre neutre (T ou I)	2ème lettre masses (T ou N) T (terre) N (neutre)		3ème lettre conducteur de protec tion (C ou S)		
T (terre)	π	TN	C (confondu) ou S (séparé) du neutre TN-C: N et PE confon- dus (PEN) TN-S: N et PE séparés TN-C-S: N et PE con- fondus puis séparés		
1 (isolé)	IT				

IT1 : Réseau IT en situation de 1er défaut

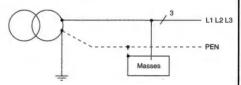


Fig. 2 - Schéma TN-C

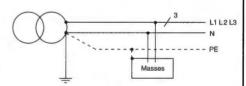


Fig. 3 - Schéma TN-S

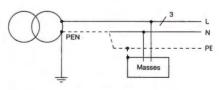


Fig. 4 - Schéma TN-C-S

## IT2 : Réseau IT en situation de 2ème défaut

## TYPES DE SLT

Trois schémas des liaisons à la terre sont normalisés en France :

TT: Neutre à la terre (Fig. 1).

TN: Mise au neutre, avec trois versions TN-C. TN-S et TN-C-S (respectivement Fig. 2, 3 et 4).

IT : Neutre isolé ou impédant (Fig. 5).

Les schémas de principe correspondants sont indiqués au § 4.3.

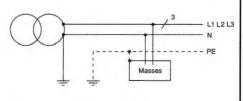


Fig. 5 - Schéma IT

## 4.2. DÉFAUTS D'ISOLEMENT ET PROTECTION DES PERSONNES

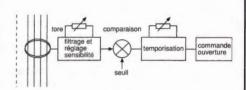
## DÉTECTION DES DÉFAUTS D'ISOLEMENT PAR DDR (DISPOSITIFS DIFFÉRENTIELS RÉSIDUELS)

## Nécessité d'un moyen de détection spécifique

- Le courant de défaut d'isolement en mode commun (entre phase et terre) dépend des SLT. Le plus souvent sa valeur est trop faible pour qu'il soit détecté et éliminé par les protections de surintensités conventionnelles (pour un disjoncteur thermique contre les surcharges ou magnétique contre les courts-circuits).
- Mais il élève le potentiel des masses en défaut créant un double risque :
  - de choc électrique pour les personnes,
  - d'incendie ou d'explosion d'où la nécessité de détection par des dispositifs spécifiques (DDR) pour être éliminé.

#### Dispositif différentiel résiduel

- Un DDR est constitué d'un dispositif de mesure associé à un capteur (tore bobiné) entourant les conducteurs actifs (figure ci-contre) qui détecte un courant I<sub>d</sub> en cas de défaut (voir page précédente) et qui agit sur le dispositif de commande de l'installation.
- Le DDR peut faire partie intégrante du dispositif de coupure, ou lui être associé, ou être extérieur à ce dispositif.



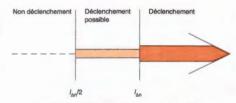
Principe des DDR

- La sensibilité d'un DDR est la plus petite valeur du courant de défaut qu'il peut détecter.
- Valeurs normalisées des sensibilités des DDR : 30 mA, 100 mA, 300 mA, 1 A. Les DDR de sensibilité
   ≤ 30 mA sont dits à Haute Sensibilité (DDR HS).
- Le seuil de réglage I<sub>AR</sub> d'un DDR peut être fixe ou réglable et il est supérieur ou égal à la sensibilité.

#### - Courant de fonctionnement d'un DDR :

– Les normes de construction des **DDR** définissent, en France, le courant de fonctionnement  $I_{A}$  à 20 °C à partir de leur seuil de réglage  $I_{\Delta n}$  par :  $I_{\Delta n}/2 \le I_{\Delta n}$ 

Il doit donc permettre un fonctionnement entre 50 % et 100 % de  $I_{\Delta n}$ .



Courant de fonctionnement d'un DDR

#### Sélectivité des DDR

4.2.1.

DEFAUTS D'ISOLEMENT

- Elle est réalisée lorsque le courant de défaut détecté en aval de deux DDR fait déclencher le disjoncteur immédiatement en amont du défaut et lui seul, elle peut être :
- horizontale : cette technique consiste à reporter la protection différentielle de tête sur les départs aval. La mise hors tension est alors limitée au départ concerné. Elle n'est possible que si le disjoncteur de tête et les disjoncteurs généraux sont placés dans un même tableau ou dans des tableaux placés côte à côte (ou liaison réalisée en classe II)
- sont placés dans un même tableau ou dans des tableaux placés côte à côte (ou liaison réalisée en classe II)

  verticale : en aval du disjoncteur de tête, les disjoncteurs généraux, voire si possible d'autres étages aval, seront munis de DDR.

  La sélectivité verticale totale des DDR s'obtient par la réali-
- d'une part de l'étagement des valeurs normalisées de sensibilité (30 mA, 100 mA, 300 mA, 1 A) ou sélectivité ampèremétrique.

sation simultanée des deux règles suivantes :

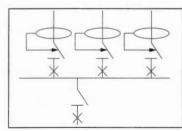
## La 1ère règle est :

 $I_{\Delta n1} \geq 2 \; I_{\Delta n2}$  (seuil de réglage du DDR1 amont  $\geq$  double du seuil de réglage du DDR2 aval)

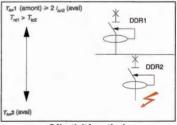
d'autre part de l'étagement des temps de déclenchement ou sélectivité chronométrique.

## La 2ème règle est :

T<sub>nt1</sub> > T<sub>tc2</sub> (temps de non déclenchement du DDR1 amont > temps de coupure du DDR2 aval, y compris temps dû à l'organe de coupure).



Sélectivité horizontale



Sélectivité verticale

## Risque d'incendie ou d'explosion

- Le schéma TN-C est interdit dans les locaux à risque d'incendie ou d'explosion, respectivement classés BE2 et BE3 dans la norme CEI 364 et la norme NF C 15-100.
- En effet, le raccordement d'éléments conducteurs du bâtiment, ou de masses ou de blindages au conducteur commun de protection et neutre (PEN) crée une circulation de courant non intentionnelle dans les pontages du PEN ainsi formés. En cas de défaut, ces courants sont considérablement accrus. Il en résulte un risque d'incendie à l'origine de l'interdiction.
- Le choix du SLT conditionne aussi la valeur du courant de défaut :
  - élevée dans les schémas TN
  - faible dans les **schémas TT** (limitation par les résistances de terre)
- très faible dans les schémas IT exploités selon les règles : c'est-à-dire en éliminant le premier défaut avant l'apparition du second.
- Enfin, la protection contre certains types de défauts (défauts impédants) n'évoluant pas instantanément vers le court-circuit franc n'est assurée que par la présence d'un dispositif différentiel, ce qui exclut l'usage du TN-C ou du TN-C-S.
- La norme CEI 364 et la norme NF C 15-100 (§ 482-2-10) imposent l'emploi de dispositifs différentiels de sensibilité ≤ 500 mA dans les locaux à risque d'incendie ou d'explosion (locaux classés BE2 ou BE3).

## Risque de non disponibilité de l'énergie

- Nature du risque
- La maîtrise de ce risque prend de plus en plus d'importance du fait de son incidence sur la sécurité et de son impact économique accru par l'automatisation.
- En effet, si pour éliminer le défaut d'isolement, la partie d'installation correspondante est déconnectée automatiquement, il en résulte un risque :
  - pour les personnes, par exemple :
  - manque subit d'éclairage
  - mise hors service d'équipements utiles à la sécurité
  - économique, du fait de la perte de production. Ce risque doit être particulièrement maîtrisé dans les industries de process pour lesquelles le redémarrage peut être long et coûteux. De plus, si le courant de défaut est élevé, les dégâts dans l'installation ou dans les récepteurs peuvent être importants et augmenter le coût et le temps des réparations. La circulation de forts courants en mode commun peut également perturber des équipements sensibles.

## Influence du choix des shémas de liaisons à la Terre (SLT)

- Là aussi, le choix du SLT a une influence sur ce type de risque qui devient un critère important de choix.
- Notamment, le schéma IT qui n'impose le déclenchement des protections qu'en situation de double défaut est avantageux du point de vue de la disponibilité de l'énergie.
- Les contrats EJP\* ont multiplié le nombre de groupes électrogènes installés. Or leur courant de défaut est inférieur (environ le tiers) à celui d'un transformateur abaisseur de même puissance.
- Cette situation de fonctionnement sur groupe a des répercussions sur le réglage des protections en fonction du SLT choisi. Notamment en schéma TN, ou en IT en situation de double défaut, le courant de défaut va être limité par l'impédance interne de l'alternateur du groupe. Il faudra en tenir compte.

## Application du schéma IT

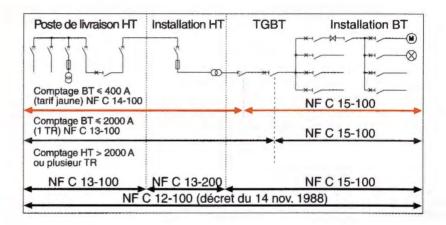
- Le neutre isolé est la solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation.
- Pour cette raison, on trouvera ce SLT dans les hôpitaux (et en particulier pour l'alimentation des salles d'opération), les réseaux électriques des pistes d'aéroport, dans les mines et locaux où existent des risques d'incendie ou d'explosion, sur les bateaux et dans toutes les industries de process très automatisées où un arrêt de fonctionnement serait coûteux ou dangereux.

# 4.2.2. INFLUENCE DU CHOIX DES SLT

<sup>\*</sup> Les contrats EJP ne sont plus proposés par EDF depuis 1996.

## Rappel des normes

- Pour éviter les dangers dus à l'électricité, notamment ceux résultant des défauts d'isolement, plusieurs normes et publications existent au niveau Européen et en France.
- La norme CEI 364 : c'est la norme internationale relative aux installations électriques du bâtiment. Ses chapitres 41 et 54 ont le statut de norme fondamentale de sécurité et guident les prescriptions de sécurité de toutes normes CEI.
- La norme NFC 13-100 : elle s'applique aux installations électriques qui constituent le poste de livraison d'énergie électrique à un utilisateur à partir d'un réseau de distribution publique. La tension nominale est comprise entre 1 kV et 33 kV en courant alternatif, le courant assigné de l'équipement HT au primaire du poste étant au plus égal à 400 Ampères.
- La norme NFC 14-100 : elle s'applique aux parties terminales du réseau de distribution publique BT, comprises entre le réseau et le point de livraison, aussi appelées branchement BT.
- La norme NFC 15-100 : elle s'applique aux installations alimentées sous une tension au plus égale à 1000 Volts en courant alternatif.



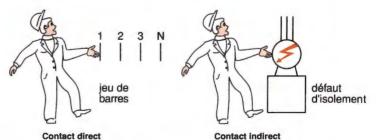
4.2.3.
PROTECTION
DES PERSONNES

## Limites d'application des normes d'installation NFC

- La publication UTE C 12-100 regroupe une série d'arrêtés et le décret du 14 nov 1962 actualisé par celui du 14 nov. 1988. Ce décret reprend les dispositions du livre II du code du travail en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.

La section IV porte également sur la protection des travailleurs contre les risques de contact avec des masses mises accidentellement sous tension.

## Contacts directs et indirects



## Contact direct

 C'est le contact de personnes avec des conducteurs actifs (phase ou neutre) ou des pièces conductrices habituellement sous tension.

## **Contact indirect**

 C'est le contact de personnes avec des masses mises accidentellement sous tension. Cette mise sous tension accidentelle résulte de la défaillance de l'isolation d'un appareil amenant un défaut d'isolement.

#### PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

- Tout contact direct est extrêmement dangereux. Aussi, la mise en œuvre de deux mesures de protection est-elle souvent imposée par sécurité, car l'une peut être défaillante.
- La norme NFC 15-100 et le décret de protection des travailleurs du 14 nov 1988 précisent les mesures suivantes :

## Protection complète

- Par isolation des parties actives au moyen de barrières ou d'enveloppes possédant au moins le degré de protection IPXX B (ou IP 2X), par ailleurs, l'ouverture de l'enveloppe (portes, tiroirs, panneaux) ne doit pouvoir s'effectuer que :
- à l'aide d'une clé ou d'un outil, ou bien
- après mise hors tension des parties actives, ou bien
- après interposition automatique d'un autre écran ne pouvant lui-même être escamoté qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.
- les enveloppes métalliques doivent être raccordées au conducteur de protection.

## Protection partielle

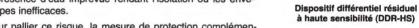
- Elle est réalisée par prévention du contact avec les conducteurs actifs au moyen d'obstacles ou par leur mise hors portée. Ce type de protection est réservé aux locaux de service électrique dont l'accès est restreint au personnel qualifié (voir les habilitations).

## Protection par limitation de la tension

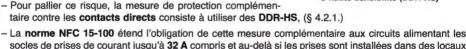
 Dans le cas où le risque est très important, la solution triviale consiste à distribuer l'électricité sous une tension non dangereuse, c'est-à-dire inférieure à la tension de sécurité la plus pénalisante (25 Volts). C'est le cas de la très basse tension de sécurité (TBTS) ou la très basse tension de protection (TBTP). Ces mesures sont des cas particuliers car elles ne permettent pas de véhiculer des puissances importantes

## Mesure de protection complémentaire au moyen de DDR

- Toutes les mesures précédentes ont un caractère préventif. L'expérience montre que la plupart peuvent parfois se montrer défaillantes pour plusieurs raisons :
  - manque d'entretien.
  - imprudence, négligence, inattention,
  - usure normale ou anormale d'un isolant,
  - contact accidentel.
- présence d'eau imprévue rendant l'isolation ou les enveloppes inefficaces.

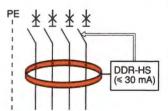


- La norme NFC 15-100 étend l'obligation de cette mesure complémentaire aux circuits alimentant les socles de prises de courant jusqu'à 32 A compris et au-delà si les prises sont installées dans des locaux mouillés et des installations temporaires (chantiers...).



## Réalisation de l'équipotentialité des masses simultanément accessibles.

- Pour un emplacement peu étendu, la réalisation de l'équipotentialité entre les masses et tous les éléments simultanément accessibles contribue efficacement à éviter l'apparition d'une tension de contact dangereuse.
- Elle se fait par le conducteur de protection (PE) qui relie les masses des matériels électriques pour l'ensemble du bâtiment, éventuellement complété de liaisons équipotentielles supplémentaires.



à haute sensibilité (DDR-HS)

#### PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

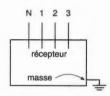
- Ce type de contact résulte d'un défaut d'isolement. Le courant de défaut (In) porte la masse accessible à une tension susceptible d'être dangereuse, c'est-à-dire suffisamment élevée pour être à l'origine d'un courant dangereux au travers d'une personne en contact avec cette masse.
- Vis-à-vis de ce risque, les normes d'installation (CEI 364 au niveau international et son équivalent NF C 15-100 au niveau français) ont officialisé les trois schémas des liaisons à la terre IT, TT, TN et défini les règles d'installation et de protection correspondantes.
- Les mesures de protection comportent les points suivants :



Les contacts indirects résultent des défauts d'isolement

## · La mise à la terre des masses des récepteurs et équipements élec-

- Cette mesure reprise dans les divers SLT évite qu'un défaut d'isolement ne conduise à l'équivalent d'un contact direct en réduisant la tension de
- Une première mesure de protection consiste à mettre à la terre les masses des récepteurs et équipements électriques (voir figure ci-contre).



## · La coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut

- Cette mesure de protection vient en complément de la précédente et repose sur deux principes fondamentaux:
- mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution d'une liaison équipotentielle principale



1er défaut d'isolement

- mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit le défaut d'isolement, de manière à ne pas soumettre une personne à une tension de contact Ue pendant une durée telle qu'elle soit dangereuse.
- La coupure automatique de l'alimentation se fera au premier ou au second défaut selon le SLT. Le schéma IT n'impose la coupure qu'au second défaut et favorise ainsi la continuité de service.
- La coupure automatique de l'alimentation est obligatoire en cas de défaut d'isolement. Le schéma IT n'impose cette coupure qu'au second défaut (situation de double défaut).

## · Un temps total de coupure maximum

pecter ces conditions.

- Plus la tension de contact U<sub>c</sub> est élevée, plus les normes imposent une mise hors tension de la partie en défaut rapide. Les tableaux ci-dessous indiquent le temps de coupure maximal à respecter.

Conditions normales (			Conditions mouillées (U <sub>L</sub> = 25 V) (2).			
tension de contact	temps de coupure protection(s)	du dispositif de	tension de contact	temps de coupure du dispositif de protection(s)		
maxima. présumée (V)	courant alternatif	courant continu	maxima. présumée (V)	courant alternatif	courant continu	
< 50	5	5	< 25	5	5	
50	5	5	25	5	5	
75	0,60	5	50	0,48	5	
90	0,45	5	75	0,30	2	
120	0,34	5	90	0,25	0,80	
150	0,27	1	120	0,18	0,50	
220	0,17	0,40	150	0,12	0,25	
280	0,12	0,30	220	0,05	0,06	
350	0,08	0,20	280	0,02	0,02	
500	0,04	0,10	(1) la résistance du sol	et la présence de		

Ces tableaux donnent les temps limites de coupure des DDR à respecter en fonction de la tension de contact présumée dans les locaux à humidité normale ou mouillés.

liser est en général définie par les normes.

## **PROTECTION DES PERSONNES**

#### CAS PARTICULIERS DE PROTECTION SANS COUPURE DE L'ALIMENTATION

 Il s'agit de dispositions spéciales, dont certaines permettent aussi une protection contre les contacts directs, et dont l'application fait l'objet d'une réglementation précise.

## Séparation électrique des circuits

Elle se fait par isolement galvanique des circuits, pour des circuits de longueur limitée, bien isolés et alimentant en général un seul appareil.

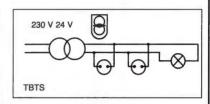
## transformateur de séparation 230 V / 230 V classe II

#### - Utilisation de très basse tension.

Dans des conditions de risque élevé, il est parfois imposé ou préférable d'alimenter certains circuits sous une tension non dangereuse :

## - TBTS (Très Basse Tension de Sécurité)

Certaines installations où le risque est très élevé (piscines, salles d'eau etc.) sont alimentées au moyen d'un transformateur dit de sécurité, conforme à la norme CEI 742 et délivrant une tension < 25 V (ex : 12 V).



Cette mesure correspond à un schéma IT et impose 3 conditions :

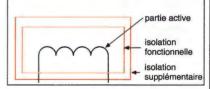
- aucune partie active du réseau TBTS ne doit être reliée à la terre
- les masses des matériels alimentés en TBTS ne doivent être reliées ni à la terre ni à la masse d'autres circuits, ni à des éléments conducteurs
- les parties actives des circuits TBTS et d'autres circuits alimentés en tension plus élevée doivent présenter entre elles une double isolation

## - TBTP (Très Basse Tension de Protection)

Cette mesure s'utilise pour les autres installations où une très basse tension (< 25 V) est utilisable mais où la TBTS n'est pas imposée

## - Emploi de matériels de classe II ou isolation équivalente

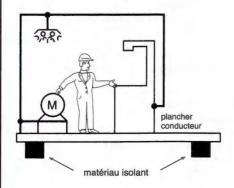
Il s'agit de matériels dits « double isolation » ou « double isolement » pour lesquels aucune partie conductrice accessible ne doit être raccordée à un conducteur de protection (certains récepteurs portatifs, luminaires...)

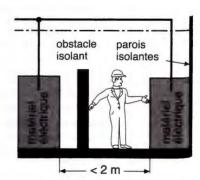


Matériel de classe II

## Liaisons équipotentielles locales non reliées – Éloignement ou interposition d'obstacles à la terre

Limitées à des cas particuliers difficiles à traiter et à des environnements restreints (ex : un poste de travail) à accès réglementé.





# 4.3. INCIDENCE DES SLT SUR LA PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS. CONTINUITÉ DE SERVICE

- T : Liaison directe du neutre à la terre.
- T: Interconnexion des masses et liaison à une prise de terre distincte.

## **TECHNIQUE D'EXPLOITATION**

Coupure au premier défaut d'isolement.

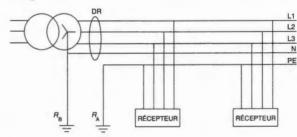
## **TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES**

Mise à la terre des masses associée à l'emploi obligatoire des dispositifs différentiels (au moins un en tête de l'installation).

## PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

- Solution la plus simple à l'étude et à l'installation.
- Ne nécessite pas de surveillance particulière.
- La présence du dispositif différentiel à courant résiduel (DR) permet la prévention des risques d'incendie pour une sensibilité ≤ 300 mA.
- Chaque défaut d'isolement entraîne une coupure. Cette coupure est limitée en défaut par l'emploi de plusieurs DR sélectifs.
- Les récepteurs ou parties d'installation, qui sont la cause en marche normale de courants de fuite importants, doivent faire l'objet de mesures spéciales pour éviter les déclenchements intempestifs (alimentation par transformateurs de séparation où DR à seuil élevé).
- En schéma TT, la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par un disjoncteur à dispositif différentiel à courant résiduel (DDR) à moyenne ou basse sensibilité.
- Protection obligatoire au moins à l'origine de l'installation.

## Schéma général du régime TT



4.3.1.

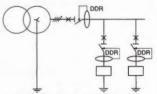
SCHÉMA TT

NEUTRE A LA TERRE

- Mise en œuvre : protection par DDR
  - Normalisation :

**Normalisation** 

- la normalisation impose la protection des circuits par un Dispositif Différentiel Résiduel ou DDR en tête d'installation
- si les masses d'utilisation ne sont pas toutes connectées à une même prise de terre, il faut placer un DDR par groupe d'équipement ayant une prise distincte
- dans la pratique, un besoin en continuité de service peut aussi amener à placer des DDR sur les départs avals (« sélectivité des DDR »)

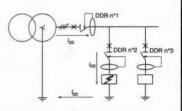


Protection par DDR en schéma TT

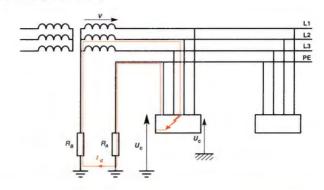
 si un dispositif différentiel ne peut être placé en tête d'installation, toute la partie située en amont des bornes aval des dispositifs différentiels doit être réalisée en classe II ou équivalent.

### Réalisation de la sélectivité

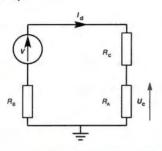
- Il est possible de réaliser une sélectivité entre DDR.
- Exemple de sélectivité à 2 niveaux ci-contre.
  - En cas de défaut, les protections différentielles n° 1 et n° 2 voient passer le courant de défaut. Il suffit que seul le DDR n° 2 déclenche pour éliminer la source du défaut et ainsi supprimer tout risque de potentiel dangereux sur les masses métalliques.



## Détermination du courant de défaut



## Schéma équivalent



 $R_c$ : résistance des câbles très inférieure à  $R_B$  et  $R_A$ 

$$I_{\rm d} = \frac{V}{R_{\rm B} + R_{\rm A}}$$

$$U_{\rm c} = R_{\rm A} I_{\rm d}$$

**Exemple**: V = 235 volts,  $R_B = 12 \Omega$  $R_A = 15 \Omega$ ,  $I_d = 8.7$  A,  $U_c = 130.5$  V

La tension de contact  $U_{\rm c}$  est dangereuse pour les utilisateurs.

U<sub>c</sub> > U<sub>L</sub> (tension conventionnelle de sécurité : 50 V locaux secs et 25 V locaux mouillés)

## - Valeur du seuil $I_{\Delta N}$ en fonction de $R_A$ et $U_L$

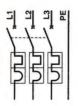
UL	$R_{A}(\Omega)$	/ <sub>AN</sub> (A)	UL	$R_{A}(\Omega)$	/ <sub>AN</sub> (A)	UL	$R_{A}(\Omega)$	I <sub>AN</sub> (A)
50 V	≤ 1 660	0,030	25 V	≤ 500	0,030	12 V	≤ 400	0,030
	≤ 166	0,300		≤ 83	0,300		≤ 40	0,300
	≤ 100	0,500		≤ 50	0,500		≤ 24	0,500
	≤ 16	3		≤ 8	3		≤ 4	3

$$I_{\Delta N} < \frac{U_{L}}{R_{A}}$$

 $I_{\Delta N}$ : courant différentiel nominal

## Disjoncteurs assurant à la fois des fonctions de protection, de commande et de sectionnement

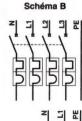
## Neutre non distribué Triphasé + PE



## Neutre distribué Triphasé + N + PE

 $S_{\rm n} = S_{\rm ph} \Rightarrow$  schéma **A** ou **B**  $S_{\rm n} < S_{\rm ph} \Rightarrow$  schéma **B** avec condition  $3^*$  schéma **A** si conditions 1 et  $2^*$ 

Schéma A



## Phase + N + PE

 $S_n = S_{ph} \Rightarrow schéma A ou B$ 





 $S_{\rm n}$  : section du conducteur de neutre  $S_{\rm ph}$ : section du conducteur

de phase PE : conducteur de protection

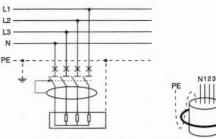
électrique

\*Conditions suivant les schémas « A ou B » (§ 4.3.4.)

## Installation des DDR

## Nombre de pôles

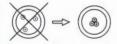
Le dispositif différentiel résiduel doit prendre en compte les 4 pôles (3 phases + neutre), c'est-à-dire tous les conducteurs actifs alors que le conducteur de protection doit rester à l'extérieur du tore.



Le DDR doit prendre en compte les conducteurs actifs mais pas le conducteur de protection PE

## · Règles de montage

Pour optimiser l'immunité aux surintensités de ligne il est recommandé de suivre les règles de montage suivantes :







Centrer les câbles dans le tore

Utiliser un tore surdimensionné

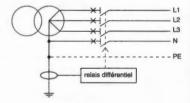
Ne pas couder le câble à proximité du tore

- dans les cas les plus sévères (forts courants de démarrage), utiliser un manchon magnétique. Le manchon sera en fer doux ou en acier d'épaisseur 0,5 mm entourant complètement le câble avec recouvrement des extrémités.
- 0 L>20
- D'autre part, les relais différentiels sont protégés contre les déclenchements intempestifs (sigle  $\, \upDelta$  )
- La conformité à la classe A de la CEI 755 garantit le fonctionnement du relais différentiel sur les courants sinusoïdaux purs, sur les courants pulsés et sur courants comportant jusqu'à 6 mA de composante continue.

## SCHÉMA TT NEUTRE A LA TERRE

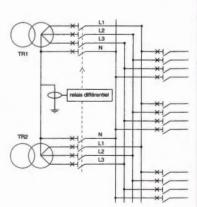
## · Cas de sortie de transformateur

- Il n'est pas toujours aisé ni possible d'installer le tore du relais différentiel en sortie d'un transformateur en particulier dans le cas de jeux de barres de forte section ou de la mise en parallèle de câbles.
- Dans ce cas, le tore pourra être placé sur la liaison terreneutre du transformateur.



## · Cas de transformateurs branchés en parallèle

Dans le cas de transformateurs en parallèle, il convient de placer le tore sur le conducteur de protection commun aux 2 transformateurs (figure ci-contre). En effet, en cas de défaut sur le jeu de barres, le courant de défaut peut se répartir entre TR1 et TR2 et seul un tore connecté sur la prise de terre verra le courant total de défaut.



#### Préalarme

Certains relais différentiels fournissent une indication visuelle quand le courant différentiel dépasse la valeur de I<sub>Δn</sub>/2. Cette indication permet à l'exploitant de prendre les dispositions nécessaires pour faire remonter l'isolement du départ incriminé, évitant ainsi un arrêt d'exploitation intempestif, souvent coûteux.

## · Applications du schéma TT

- Les applications les plus fréquentes du schéma TT sont le logement, l'éclairage public et les locaux scolaires.
- Le schéma TT est aussi utilisé dans l'habitat rural. On le trouve aussi dans les réseaux urbains. Il faut noter à ce sujet que l'interconnexion des prises de terre fait évoluer ce type de réseau vers le TN.

T : Liaison directe du neutre à la terre.

N: Liaison des masses au neutre.

#### TECHNIQUE D'EXPLOITATION

Coupure au premier défaut d'isolement.

#### **TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES**

Elle nécessite :

- une interconnexion et une mise à la terre des masses et du neutre impératives :
- une coupure au premier défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusibles).

## PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

- Le schéma TNC peut faire apparaître :
  - une économie à l'installation (suppression d'un pôle et d'un conducteur) ;
  - une utilisation de canalisations fixes et rigides (§ 413.2.5 de la norme NF C 15-100) :
- la nécessité d'un personnel d'entretien très compétent :
- la nécessité d'un contrôle périodique de la continuité du conducteur de protection ;
- la nécessité des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation ;
- la nécessité d'une vérification obligatoire des déclenchements au premier défaut ;
- l'augmentation des risques d'incendie du fait des forts courants de défauts.
- En schéma TN, la protection des personnes contre les contacts indirects se réalise par les dispositifs de protection contre les surintensités (chapitre 20).

## SCHÉMAS DU RÉGIME TN

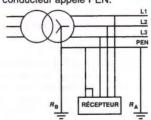
## **RÉGIME TNC**

4.3.2.

SCHÉMAS TN

MISE AU NEUTRE

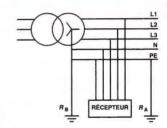
- Neutre et conducteur de protection confondus en un seul conducteur appelé PEN.



- Schéma interdit pour les sections inférieures à 10 mm<sup>2</sup> en cuivre et 16 mm<sup>2</sup> en aluminium.
- Masses reliées au conducteur de protection PEN mis à la terre en différents points de l'installation.
- Économise un pôle et un conducteur.

## **RÉGIME TNS**

- Neutre et conducteur de protection séparés.



- Schéma obligatoire si :
  - la section < 10 mm<sup>2</sup> en cuivre :
  - la section < 16 mm<sup>2</sup> en aluminium :
  - les canalisations sont mobiles.
- Les masses sont reliées au conducteur de protection PE.

## DISJONCTEURS ASSURANT À LA FOIS LES FONCTIONS DE PROTECTION, DE COMMANDE ET DE SECTIONNEMENT

## Schéma TNC

Triphasé + PEN

S<sub>PEN</sub> = S<sub>ph</sub> ⇒ schéma A S<sub>PEN</sub> < S<sub>ph</sub> ⇒ schéma A

si conditions 1 et 2 (§ 4.3.4.).

# Schéma A



## Schéma TNS

Triphasé + N + PE voir § 4.3.1. (régime TT)

SPEN: section du conducteur neutre et de protec-

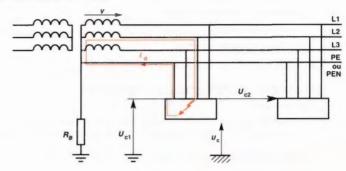
tion (confondu) Sph : section du conducteur de phase

## Phase + PEN

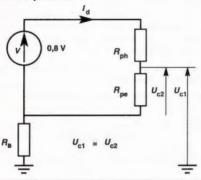
 $S_{PEN} = S_{ph} \Rightarrow schéma A$ 



## Détermination du courant de défaut



## Schéma équivalent



$$I_{\rm d} = \frac{0.8 \ V}{R_{\rm ph} + R_{\rm pe}}$$

$$I_{\rm d} = \frac{0.8 \ V}{R_{\rm ph} + R_{\rm pe}}$$
  $U_{\rm C1} = U_{\rm C2} = R_{\rm pe} \cdot I_{\rm d}$ 

Exemple: câble HO7 RNF4 G 35 mm2

$$V = 230 \text{ V}$$
  $L = 45 \text{ m}$ .

$$R_{\text{ph}} = R_{\text{pe}} = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,0225 \times 45}{35} = 0,028 \ \Omega$$

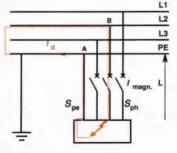
$$l_{\rm d} = \frac{0.8 \times 230}{2 \times 28 \times 10^{-3}} = 3\,285\,{\rm A}$$

$$U_{\rm C} = R_{\rm pe} I_{\rm d} = 28 \times 10^{-3} \times 3285 = 92 \text{ V}$$

92 volts est une tension dangereuse.

## SCHÉMAS TN MISE AU NEUTRE

## Contrôle par le calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne



Appliquer la loi d'Ohm au seul départ concerné par le défaut avec les hypothèses suivantes :

- La tension entre la phase en défaut et le conducteur de protection PE ou PEN est prise égale à 80 % de la tension simple nominale. On néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance.
- Le conducteur de protection chemine à côté des conducteurs de phases correspondants.
- Le calcul conduit à vérifier que la longueur du circuit est inférieure à la valeur donnée par la relation :

$$L_{\text{max}} = \frac{0.8 \text{ V. } S_{\text{ph}}}{\rho (1+m) I_{\text{magn}} (\text{ou } I_{\text{h}})}$$

Lmax: longueur maximale en mètres

V: tension simple

Sph : section des phases en mm2

: résistivité à la température de fonctionnement

 $22.5 \times 10^{-3} \Omega$ . mm<sup>2</sup>/m pour le cuivre

 $36 \times 10^{-3} \Omega$ , mm<sup>2</sup>/m pour l'aluminium

 $m = \frac{S_{\rm ph}}{S_{\rm ph}} = \frac{S_{\rm ph}}{S_{\rm ph}}$ 

Spe Section du conducteur de protection

Imagn: courant (A) de fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur

: courant (A) de fusion du fusible

$$U_{\rm C} : 0.8 \text{ V} \frac{m}{1+m}$$
,  $I_{\rm d} = \frac{U_{\rm AB}}{R_{\rm AB}}$ ,  $U_{\rm AB} = 0.8 \text{ V}$ 

$$R_{AB}$$
:  $\rho L \left( \frac{1}{S_{pe}} + \frac{1}{S_{ph}} \right) = \rho \frac{1}{S_{ph}} (1 + m)$ 

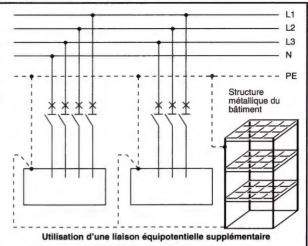
ld doit être supérieure à lmagn pour que la protection des personnes soit assurée, d'où :

$$I_{\text{magn}} < \frac{0.8 \ V. \ S_{\text{ph}}}{\rho L (1 + m)}$$

$$L_{\text{max}} = \frac{0.8 \text{ V. } S_{\text{ph}}}{\rho (1+m) I_{\text{magn}}}$$

#### Mise en œuvre

- Réaliser une liaison équipotentielle supplémentaire entre les divers éléments métalliques simultanément accessible.
- Cela permet d'abaisser la tension de contact U<sub>d</sub> et donc de rendre le contact moins dangereux (vérification par des mesures obligatoires).
- Cette solution est onéreuse et difficile à mettre en œuvre (dans les installations existantes).



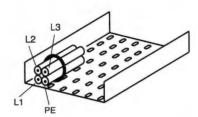
#### Sélectivité

Les études de sélectivité réalisées pour les courts-circuits triphasés sont applicables telles quelles pour les défauts d'isolement.

#### Installation

## • Disposition des conducteurs PEN et PE

- Le PE ou PEN doivent être disposés à proximité des phases sans interposition d'élément ferromagnétique.
- Dans le cas contraire, il n'est pratiquement pas possible de déterminer l'impédance de la boucle de défaut, et sa valeur ne peut être connue que par des mesures effectuées après réalisation de l'installation.



- C'est le cas par exemple d'un parcours de courant de défaut intégrant des charpentes métalliques.

#### • Frettage

- Le PE ou PEN étant parcouru par de forts courants de défaut, il faut s'assurer de sa tenue aux contraintes électrodynamiques.
- Le frettage du PE ou PEN doit donc être réalisé de manière à résister à la contrainte mécanique maximale que subira le câble pendant le courant de défaut.

## · Valeur de l'impédance de la boucle de défaut

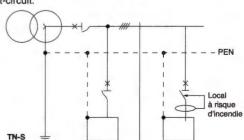
- Elle doit être constante durant toute la durée de vie de l'installation.
- En cas de modifications trop nombreuses de celle-ci, le calcul de l'impédance de boucle n'est plus possible et la mesure sur site devient difficile. On peut, en utilisant le schéma TN-S, installer un DDR en tête d'extension pour garantir la détection du défaut d'isolement.
- Il faut aussi se prémunir contre la dérive dans le temps des caractéristiques des composants du PEN.
- Par exemple, après un défaut d'isolement, il est conseillé de vérifier le bon serrage des connexions des conducteurs PEN ayant subi le courant de court-circuit.

## • Spécificités du SLT TN

- Locaux à risque d'incendie ou d'explosion
- La norme NF C 15-100 (§ 482-2-10) impose l'emploi de DDR dont la sensibilité ne dépasse pas 500 mA dans tous les locaux classés à risque d'incendie ou à risque d'explosion (classés BE2 ou BE3).

## - Dans ce type de locaux :

 le schéma TN-C est rigoureusement interdit, car le PEN est connecté aux structures métalliques des bâtiments. Elles sont



donc traversées en permanence par le courant de déséquilibre du neutre. Ce courant entraîne une corrosion des boulons ou rivets de fixations de cette structure ce qui, après un certain temps, peut conduire à l'apparition d'étincelles pouvant déclencher un incendie ou une explosion selon l'environnement

- si le schéma TN-S est utilisé, une protection par DDR en tête du local est obligatoire. Sa sensibilité sera réglée au maximum égale à 500 mA (norme NF C 15-100. § 482.2.10). Un DDR ne limitant pas les courants de défaut, le schéma TN-S reste déconseillé pour ce type d'application.

- I : Neutre isolé ou impédant.
- T: Interconnexion des masses et liaisons à une prise de terre.

#### **TECHNIQUE D'EXPLOITATION**

Elle nécessite :

- une signalisation du premier défaut d'isolement :
- une recherche et une élimination obligatoires du défaut :
- une coupure pour deux défauts d'isolement simultanés sur des phases différentes.

## **TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES**

Elle nécessite :

- l'interconnexion et la mise à la terre des masses ;
- une surveillance du premier défaut par un contrôleur permanent d'isolement ;
- une coupure au deuxième défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusibles).

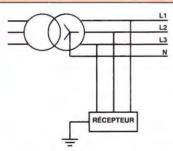
#### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation :
- La signalisation du premier défaut d'isolement, suivie de sa recherche et de son élimination, permet une prévention systématique contre tout risque d'électrocution.
- Nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance en exploitation.
- Nécessite un bon niveau d'isolement du réseau :
- La vérification des déclenchements pour deux défauts simultanés doit être effectuée à l'étude par les calculs et obligatoirement à la mise en service par des mesures.

## SCHÉMAS DU RÉGIME IT

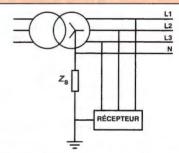
## 4.3.3. SCHÉMA IT NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT

## **NEUTRE ISOLÉ**



Aucune liaison électrique n'est réalisée intentionnellement entre le point neutre du transformateur et la terre

## **NEUTRE IMPÉDANT**



Une impédance  $Z_{\rm s}$  de l'ordre de 1 000 à 2 000  $\Omega$  est insérée entre le point neutre du transformateur et la terre.

# DISJONCTEURS ASSURANT À LA FOIS LES FONCTIONS DE PROTECTION, DE COMMANDE ET DE SECTIONNEMENT

Triphasé + PE

Neutre non distribué

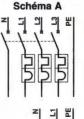
## Neutre distribué Triphasé + N + PE

 $S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **B** ou **A** si conditions 4 et 5 (§ 4.3.4).

 $S_{\rm n} < S_{\rm ph} \Rightarrow$  schéma **B** avec condition 3 (§ 4.3.4) ou schéma **A** si conditions 1, 2 et 3.

## Phase + N + PE

 $S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **B** ou **A** si conditions 4 et 5 (§ 4.3.4).



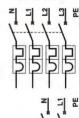
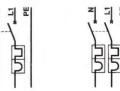
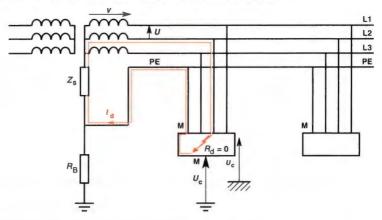


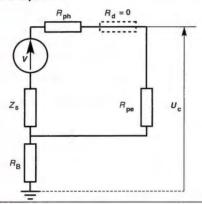
Schéma B



## Détermination du courant de défaut dans le cas du premier défaut



## Schéma équivalent



$$I_{\rm d} = \frac{V}{R_{\rm ph} + R_{\rm pe} + Z_{\rm s}}$$

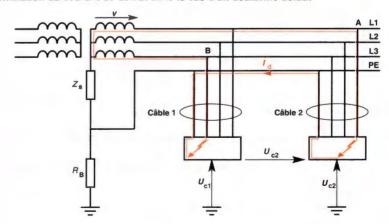
$$R_{\rm ph} + R_{\rm pe} \le Z_{\rm s}$$
  
si  $Z_{\rm s} = 4\,000~\Omega \Rightarrow I_{\rm d} = \frac{230}{4\,000} \sim 0,060~{\rm A}$   
 $U_{\rm C} = R_{\rm pe} \cdot I_{\rm d} \sim 0~{\rm V}$ 

**Exemple :**  $U_C = 0.1 \Omega \times 0.06 = 0.006 \text{ V}$ 

## La tension U<sub>C</sub> ne présente aucun danger.

Le courant de défaut  $I_{\rm d}$  est trop faible pour déclencher les dispositifs de protection, l'installation n'est pas perturbée.

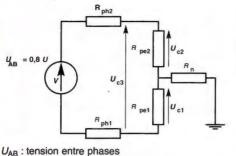
## Détermination du courant de défaut dans le cas d'un deuxième défaut



## Incidence d'un deuxième défaut

- Le deuxième défaut est équivalent à un court-circuit entre phases.
- Le courant de défaut n'est limité que par la résistance des câbles d'alimentation des machines, d'où une protection classique contre les courts-circuits.
- Les tensions de contact peuvent apparaître sur plusieurs points de l'installation (U<sub>c1</sub>, U<sub>c2</sub>, U<sub>c3</sub>).





$$I_{\rm d} = \frac{0.8 \, U}{R_{\rm ph \, 2} + R_{\rm pe \, 2} + R_{\rm pe \, 1} + R_{\rm ph \, 1}}$$

$$U_{c 1} = R_{pe 1} \cdot I_d$$
 $U_{c 1} = R_{pe 2} \cdot I_d$ 
 $U_{c 3} = (R_{pe 1} + R_{pe 2}) I_d$ 

## Contrôle par le calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne

- Régime IT

B L3 PE

Le principe est le même qu'en schéma TN
 Le conducteur neutre n'est pas distribué

(il n'existe pas de conducteur neutre au départ du transformateur d'alimentation)

$$L_{\text{max}} = \frac{0.8 \, U \, S_{\text{ph}}}{2 \, \rho \, (1 + m) \, l_{\text{magn}} \, (\text{ou } \, l_{\text{l}})}$$

U: tension composée

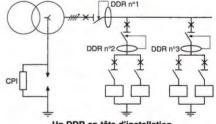
 $S_{\rm 1}$  :  $S_{\rm ph}$  si le circuit considéré ne comporte pas de neutre. S neutre si le circuit comporte le neutre

$$U_c$$
:  $\frac{0.8 \ U_m}{1 + m}$  (neutre non distribué)

Le conducteur neutre est distribué

$$L_{\text{max}} = \frac{0.8 \text{ V S}_1}{2 \rho (1 + m) I_{\text{magn}} (\text{ou } I_1)}$$

ou 
$$\frac{0.8 \ U_{\rm m}}{1+m}$$
 (neutre distribué)



Un DDR en tête d'installation et par groupe de masses interconnectées.

## SCHÉMA IT NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT

# Cas de masses non interconnectées : utilisations des DDR

- Si la prise de terre du poste et des masses d'utilisation ne sont pas reliées, il faut placer un DDR en tête d'installation.
- De plus, si les masses d'utilisation ne sont pas toutes connectées à une même prise de terre, il faut placer un DDR par groupe d'équipement.

## Condition 1:

La puissance absorbée entre phase et neutre est supérieure de 10 % de la puissance totale transportée.

#### Condition 2

Le courant maximal susceptible de traverser le neutre est inférieur au courant  $\it l_{\rm z}$  admissible dans ce conducteur.

#### Condition 3:

La protection du neutre est adaptée à sa section.

#### Condition 4:

Le circuit considéré fait partie d'un ensemble de circuits terminaux :

- protégés par des dispositifs dont les réglages (ou les calibres) ne diffèrent pas de plus du simple au double;
- l'ensemble étant protégé en amont par un dispositif à courant différentiel résiduel dont la sensibilité est au plus égale à 15 % du courant admissible du plus faible des différents circuits.

#### Condition 5:

Le disjoncteur est associé à un dispositif à courant différentiel résiduel.

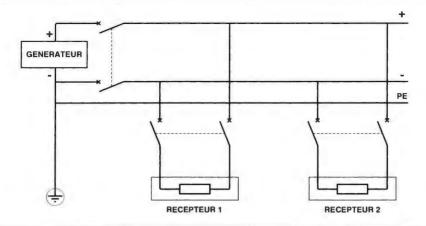
# - ----

4.3.4.

CONDITIONS SUIVANT LES

SCHÉMAS A OU B

## 4.3.5. RÉSEAUX À COURANT CONTINU (ISOLÉS DE LA TERRE)



Le décret impose un dispositif de signalisation ou de déclenchement au défaut simple :

(Le déclenchement est rarement utilisé, des raisons impérieuses d'exploitation le rendent très souvent impossible.)

 pour contrôler l'isolement global et signaler ou déclencher au défaut simple

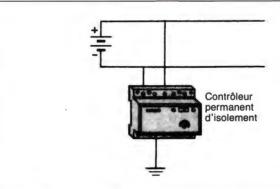
Réseau à tension continue fixe (batterie d'accumulateurs...) un contrôleur permanent d'isolement.

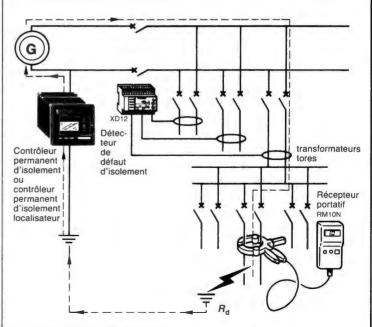
 pour effectuer sous tension la recherche du défaut (amélioration des conditions d'exploitation) :

Un courant alternatif basse fréquence (généralement 10 Hz) est injecté :

- soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12,
- soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12 sur les départs,
- soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12 ou à des localisateurs XL 108 ou XL 16.
- soit par un contrôleur permanent d'isolement localisateur.

Le courant de défaut est détecté à l'aide de transformateurs tores installés sur les différents départs et reliés aux détecteurs XD1 ou XD12 qui signalent le départ en défaut ou reliés aux localisateurs XL08 ou XL16 qui signalent le départ en défaut et mesurent le niveau d'isolement.





**Note:** Le récepteur portatif **RM10N** et ses pinces ampèremétriques sont compatibles avec tous les appareils cités dans cette page.

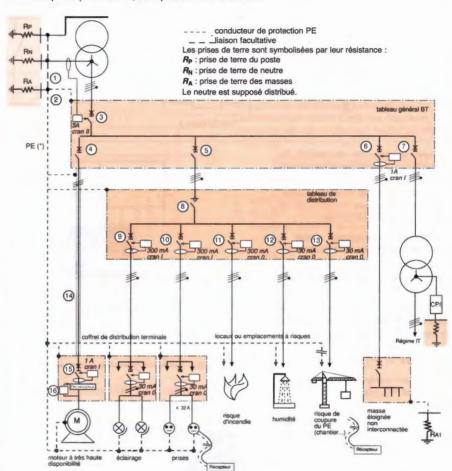
## 4.4. EXEMPLES D'APPLICATION

Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du schéma IT.

Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, **TGBT**, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite.

Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du schéma TT.

D'autres aspects (surtensions, CEM) sont traités à la suite.



4.4.1. SCHÉMA TT NEUTRE À LA TERRE

Exemple de schéma TT

(\*) Le PE représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne comptabilité électromagnétique.

#### Principe général

- Prises de terre (1)
  - Le neutre de la source est relié directement à la terre par la prise de terre du neutre  $R_N$ , distincte ou non de la prise de terre du poste  $R_p$
  - Les masses sont reliées à une prise des masses RA, en général distincte de RN
  - Selon l'interconnexion des prises on a :
  - 3 prises séparées (schéma TT-S) : Rp, RN et RA, cas le plus fréquent
  - 2 prises séparées (schéma TT-N): R<sub>PN</sub>, résistance équivalente à R<sub>p</sub> et R<sub>N</sub> interconnectées, R<sub>A</sub> étant distincte
  - les 3 prises interconnectées (schéma TT-R): résistance R<sub>PNA</sub>, ce qui revient à un schéma TN. Mais, dans ce cas, les conditions d'impédance de boucle et d'équipotentialité du PE imposées en schéma TN ne sont pas exigées.
  - Ces diverses possibilités d'interconnexion sont symbolisées par la liaison en pointillés Rp -Rn -RA.

#### - Conducteur PE (2)

- Toutes les masses protégées par un même dispositif de coupure doivent être reliées au même système de mise à la terre, d'où le cheminement et les connexions du PE depuis R<sub>A</sub>, à l'exception du coffret du départ (6), relié à R<sub>A1</sub>.

#### T.G.B.T (Transformation Général Basse Tension)

#### - Protection générale (3)

- La norme NF C 15-100 impose un DDR (Dispositif Différentiel Résiduel) en tête d'installation, car l'intensité d'un défaut d'isolement est en général trop faible pour déclencher l'ouverture du disjoncteur du fait des résistances R<sub>A</sub> et R<sub>N</sub> (ou R<sub>PN</sub>) dans la boucle de défaut. Le DDR doit vérifier :
  - sensibilité  $I_{\Delta n} \le 50$   $V/R_A$  (conditions sèches) ou 25  $V/R_A$  (§ 4.3.1.) Si on suppose  $R_A = 10$   $\Omega$ , d'où  $I_{\Delta n} \le 5$  A, on peut choisir un DDR 300 mA
- On prendra toutefois ici un DDR 3 A afin d'être sélectif avec les DDR :
- 300 mA imposé en protection incendie sur le départ (11)
- 1 A de la protection moteur (15)
- temporisation possible jusqu'à 1 s (admis par la norme pour les circuits de distribution où le risque est réduit, afin de faciliter la sélectivité (voir p. 101).
- Toutefois cette valeur peut être limitée par la sélectivité avec la HTA
  - tore autour de la connexion entre point neutre et terre.
  - il est possible de déroger à la règle du DDR en tête d'installation si la liaison entre le disjoncteur de tête et les départs principaux est de classe 2 (sous conduit isolant). Il faut alors un DDR sur chaque départ aval.

#### - Protection départs principaux (4) à (7)

- Sur le départ (6) la norme impose un DDR car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre R<sub>A1</sub> distincte de R<sub>A</sub>; sa sensibilité est I<sub>An</sub> ≤ 50 V/R<sub>A</sub> (si R<sub>A1</sub> > R<sub>A</sub>, sinon ≤ 50 V/R<sub>A</sub>)
- Avec, pour cet exemple,  $R_{A1}$  = 10  $\Omega$ , on peut prendre un DDR 1 A cran 1 afin d'être sélectif avec d'éventuels DDR situés en aval
  - Le départ (7) protège un transformateur d'isolement permettant de changer ce SLT; pour passer par exemple à un schéma IT (ou aussi TN)

#### Tableau de distribution

#### - Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (10) : le coffret aval comporte des départs ≤ 32 A de circuits prises de courant ; la norme NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26 impose des DDR-HS 30 mA sur ces départs. Cela conduit à réaliser, pour une meilleure continuité de service, une sélectivité à trois niveaux entre la protection générale (3), le départ (10) et les DDR-HS. Les règles sont, pour la sélectivité.
- ampèremétrique : seuil du DDR aval ≤ moitié du seuil du DDR amont, à appliquer aux seuils normalisés disponibles (30, 100, 300 mA et 1 A)
- chronométrique : l'étagement des crans : 0 (instantané), I, II.
- départ (11) local à risque d'incendie : en schéma TT correctement exploité ce risque est très faible.
   Toutefois, la norme NF C 15-100 impose l'installation d'un DDR à seuil ≤ 500 mA (ex : 300 mA) pour améliorer la sécurité
- départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) et départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du PE (ex : chantier) : un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes.

#### Coffrets

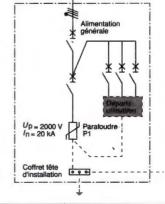
#### - Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité. Pour ce type d'utilisation les normes imposent :
  - une liaison directe (14) avec le TGBT. Elle est réalisée, par exemple, avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement
  - l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (16)
- Une protection différentielle améliore la continuité de service par sélectivité avec le DDR du départ (3). Elle doit tenir compte des courants de démarrage du moteur. Un seuil de moyenne sensibilité (1 A) est recommandé avec une légère temporisation (cran I).

#### Surtensions

Un défaut sur la **HT**, peut avoir des répercussions pour les équipements sensibles électroniques, à tenue d'isolement faible.

 utiliser un parafoudre en mode différentiel (Ph-N) ou commun (Ph-Ph) au plus près des équipements sensibles pour éliminer les surtensions (foudre au sol). Voir exemple de montage sur la figure ci-contre.

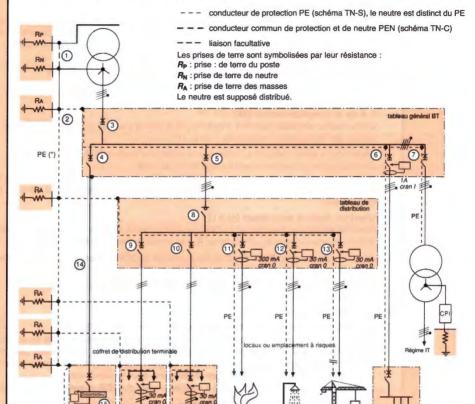


Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du schéma TN.

Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, **TGBT**, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite.

Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du **schéma TT**.

D'autres aspects (surtensions, CEM) sont traités à la suite.



4.4.2. SCHÉMAS TN MISE AU NEUTRE

Exemple de schéma TN

(\*) Le PEN, représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de carte, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne compatibilité électromagnétique.

#### Principe général

#### - Prises de terre (1)

- Le neutre de la source est relié directement à la terre et aux masses par la prise de terre du neutre  $R_N$ : cette prise de terre peut être connectée à celle du poste  $R_p$ .
- Les masses sont reliées à la terre par le conducteur de protection PE.
- Selon la disposition du neutre N et du conducteur de protection PE on a :
- schéma TN-S : un conducteur de protection PE séparé du neutre N
- schéma TN-C : les fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur appelé PEN
- schéma TN-C-S : TN-C amont (obligatoire), TN-S pour des parties en aval.

#### - Conducteur de protection (2)

moteur à très

- Le conducteur de protection (PE ou PEN) est maintenu à un potentiel proche de celui de la terre par des liaisons en de nombreux points (prises R<sub>A</sub>). Par exemple dans un atelier, le PE est relié aussi souvent que possible à la structure du bâtiment.
- (Nous prenons ici le cas d'une installation TN-C-S, d'où la distinction des cheminements du PEN et du PE dans certaines portions d'installation.

#### - Impédances de boucle

- Le raccordement des masses au neutre, donc à la terre, transforme tout défaut d'isolement en courtcircuit phase-neutre qui sollicite les protections de surintensité des disjoncteurs.
- La norme NF C 15-100 impose, pour chaque départ, le calcul des impédances de boucle de défaut d'isolement pour s'assurer du déclenchement des protections sur ce type de défaut. En pratique ceci revient à ne pas dépasser une longueur maximale de câble en aval de la protection du départ concerné (voir § 4.3.2.) Le déclenchement doit être vérifié par des essais lors de la mise en service.
- Il est possible de s'affranchir des conditions précédentes en utilisant des dispositifs différentiels résiduels en tête des départs.

#### TGBT (Transformateur Général Basse Tension)

#### - Protection générale (3)

 La protection générale est assurée par les protections de surintensité d'un disjoncteur avec vérification ou déclenchement par la longueur maximale de câble à ne pas dépasser en aval.

#### - Protection départs principaux (4) à (7)

- Les départs (4) et (5) sont protégés suivant le principe indiqué pour la protection générale.
- Sur le départ (6) la norme impose un DDR, car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre R<sub>A1</sub> distincte de R<sub>A</sub>; sa sensibilité est I<sub>∆n</sub> ≤ 50 V/R<sub>A1</sub>. Pour installer correctement ce différentiel, il faut passer en régime TT avec neutre. Le neutre doit traverser, le tore et le PE, distinct, doit être l'extérieur du tore.

Avec, pour cet exemple,  $R_{A1}$  = 10  $\Omega$ , on peut prendre un DDR 1 A cran I afin d'être sélectif avec d'éventuels DDR situés en aval.

 Le départ (7) est en schéma TN-S, après désolidarisation du PEN en un neutre et un PE. Il protège ainsi un transformateur d'isolement qui permet de changer de SLT et de passer, par exemple, à un schéma IT (ou TT).

#### Tableau de distribution

#### - Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (11) local à risque d'incendie ou d'explosion, la norme NF C 13-100 :
  - interdit le schéma TN-C, il faut donc distribuer le neutre et passer en TN-S
  - impose l'installation d'un DDR à seuil ≤ 500 mA (ex : 300 mA cran 0)
- Départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) : un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes. Le passage préalable en TN-S (par désolidarisation du PEN en un neutre et un PE) permet l'installation correcte du différentiel (PE à l'extérieur du tore).
- Départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du PE : (ex : chantier ou conducteurs de section ≤ 10 mm² Cu, ou ≤ 16 mm² Alu)
- un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes
- la norme impose, pour réduire le risque de rupture d'un PEN de faible section, de séparer le neutre du PE pour des conducteurs de section ≤ 10 mm² Cu, ou ≤ 16 mm² Alu.
- Le passage en TN-S est donc obligatoire.

#### Coffrets

#### - Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité. Pour ce type d'utilisation les normes imposent :
  - une liaison directe (14) avec le TGBT. Elle est réalisée, par exemple avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement
  - l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (15)

#### - Coffret éclairage

 Le coffret d'éclairage, alimenté par le départ (9), comporte des départs avec une grande longueur de câble excédant celle autorisée par le calcul des impédances de boucle; la norme NF C 15-100 impose des DDR-HS 30 mA sur les départs. Leur installation amène à passer en TN-S.

#### - Coffret prises

- Le coffret d'alimentation de prises, alimenté par le départ (10) comporte des départs « 32 A de circuits prises de courant. La norme NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26 impose des DDR-HS 30 mA sur les départs prises ≤ 32 A. Leur installation amène à passer en TN-S.

#### Rappel sur les risques du TN-C en présence d'harmoniques

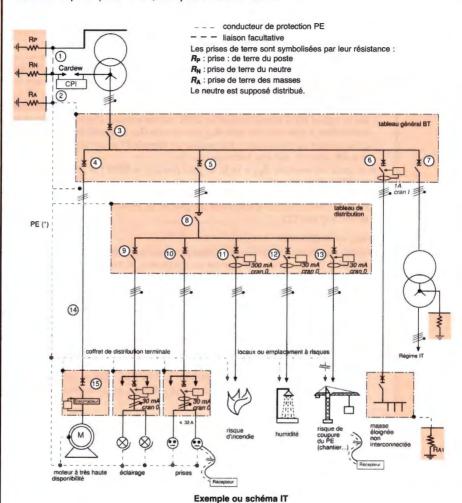
En **régime TN-C** les courants harmoniques de rang 3 et multiples circulent dans le **PEN**. Ils créent une chute de tension le long de ce conducteur et empruntent des chemins non maîtrisés (blindages, structures métalliques...), par les connexions du **PEN** à la structure métallique du bâtiment.

#### Ceci génère deux types de problèmes :

- des courants perturbateurs dans les masses des matériels qui peuvent affecter le fonctionnement de systèmes électroniques communicants (par exemple un micro-ordinateur et une imprimante)
- des rayonnements électromagnétiques perturbateurs dans les chemins de câbles et certaines structures car la somme vectorielle des courants (3 Ph + PEN) n'y est plus nulle.

A noter que, en schéma TNC-S comportant une portion de TN-C en amont, le courant peut circuler en boucle dans les masses de la portion TN-S. Le schéma TN-C est donc à éviter en présence d'harmoniques.

- Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du schéma IT.
- Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, TGBT, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite.
- Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du schéma IT.
- D'autres aspects (surtensions, CEM) sont traités à la suite.



4.4.3. SCHÉMA IT NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT

(\*) Le conducteur **PE**, représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne compatibilité électromagnétique.

#### Principe général

- Prises de terre (1)
  - Le neutre de la source est isolé de la terre, ou raccordé à la terre par une impédance élevée (neutre impédant). Dans cet exemple, le neutre est isolé, la prise de terre du neutre R<sub>N</sub>, distincte ou non de la prise de terre du poste R<sub>p</sub>, n'est pas raccordée au neutre. Ce dernier est distribué.
  - Les masses sont reliées à une prise des masses RA, en général identique à RN.
  - Les prises de terre R<sub>D</sub>, R<sub>N</sub> et R<sub>A</sub> sont ou non interconnectées (liaison en pointillés).

#### - Conducteur de protection (2)

- Toutes les masses protégées par un même dispositif de coupure doivent être reliées au même système de mise à la terre, d'où le cheminement et les connexions du conducteur PE depuis R<sub>A</sub> à l'exception du coffret départ (6), relié à R<sub>A1</sub>.

#### - Défaut simple : non déclenchement et CPI

- Le fort isolement du réseau par rapport à la terre fait que, lors d'un « premier défaut d'isolement », le courant de fuite est suffisamment faible pour ne pas être dangereux. L'exploitation peut continuer.
- Toutefois, la norme impose la présence en tête de l'installation :
  - d'un CPI (contrôleur permanent d'isolement) permettant au moins la signalisation (sonore ou visuelle) du défaut
  - d'un limiteur de surtension à fréquence industrielle (Exemple : Cardew).
- Un système de recherche de défaut sous tension est souhaitable pour bénéficier au mieux des avantages de continuité de service du schéma IT. Plusieurs systèmes sont possibles: pince + tore mobile, ou dispositif de recherche associé à des tores placés sur les départs principaux (voir exemples p. 110)

#### - Défaut double

- Un défaut double se ramène à un défaut phase-terre comme pour un schéma TN. La norme NF C 15-100 impose donc, pour chaque départ comme en TN, le calcul des impédances de boucle de défaut d'isolement pour s'assurer du déclenchement des protections sur ce type de défaut.
- En pratique ceci revient à ne pas dépasser une longueur maximale de câble en aval de la protection du départ concerné (§ 4.3.3)
- Le déclenchement doit être vérifié par des essais lors de la mise en service.

#### TGBT (Transformateur Général Basse Tension)

#### - Protection générale (3)

- Elle est réalisée par les protections de surintensité du disjoncteur qui doivent déclencher le disjoncteur en cas de double défaut d'isolement.
- Cela amène à vérifier les longueurs maximales de câbles à ne pas dépasser en aval de la protection (§ 4.3.3)

#### - Protection départs principaux (4) à (7)

- La protection sur les départs (4) à (7) est réalisée suivant le principe indiqué pour la protection générale.
- Sur le départ (6) la norme impose un DDR car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre R<sub>A1</sub> distincte de R<sub>A</sub>. Sa sensibilité I<sub>∆n</sub> doit être :
  - supérieure au courant de défaut (continuité de service)
  - telle que  $I_{\Delta n}$  ≤ 50 V/ $R_{A1}$  (si  $R_{A1} > R_A$ , sinon ≤ 50 V/ $R_A$ ) (protection des personnes).
- Avec, pour cet exemple, R<sub>A1</sub> = 10 Ω, on peut prendre un DDR 1 A cran I afin d'être sélectif avec d'éventuels DDR situés en aval.
- Le départ (7) protège un transformateur d'isolement permettant de changer de SLT, pour passer par exemple à un schéma TT (ou aussi TN).

#### Tableau de distribution

#### - Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (11) local à risque d'incendie : la norme NF C 15-100 impose l'installation d'un DDR à seuil ≤ 500 mA (Exemple : 300 mA) pour améliorer la sécurité.
- Départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) et départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du PE (Exemple : chantier) : un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes.
- Départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du conducteur PE : (exemple : chantier ou conducteurs de section ≤ 10 mm² Cu, ou ≤ 16 mm² Alu)
- un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes
- la norme impose, pour réduire le risque de rupture d'un PEN de faible section, de séparer le neutre du conducteur PE pour des conducteurs de section ≤ 10 mm² Cu, ou ≤ 16 mm² Alu.

#### Coffrets

#### - Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité, d'où :
  - une liaison directe (14) avec le TGBT. Elle est réalisée, par exemple, avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement;
  - l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (15)

#### - Coffret prises

 Le coffret éclairage alimenté par le départ (10) comporte des départs ≤ 32 A de circuits prises de courant; la norme NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26 impose des DDR-HS 30 mA sur les départs prises ≤ 32 A.

#### **Autres aspects**

#### Surtensions

 Un défaut sur la HT, peut avoir des répercussions pour les équipements sensibles électroniques, à tenue d'isolement faible.

Ainsi, outre le limiteur de surtension de tête, il faut :

- que les appareils sensibles tiennent la tension composée en mode commun (situation de premier défaut d'isolement)
- utiliser un parafoudre en mode différentiel (Ph-N) ou commun (Ph-Ph) au plus près des équipements sensibles pour éliminer les surtensions (foudre au sol). Voir exemple de montage dans le chapitre 9.10.

#### • CEM (Compatibilité électromagnétique)

Réduire les boucles de masse entre conducteurs actifs et PE pour diminuer l'influence des rayonnements électromagnétiques (CEM). Le PE représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs et avec des liaisons aux barrettes de terre des tableaux et coffrets qui limitent ces boucles.

#### Exemple de système de recherche de premier défaut d'isolement en schéma IT

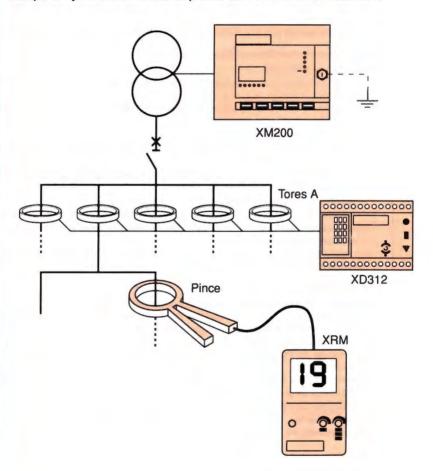


SCHÉMA IT NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT

- Exemple de recherche du premier défaut d'isolement en schéma IT par Vigilohm system :
  - XM200 : CPI injectant un signal de recherche BF (2,5 Hz)
  - XD312 : Détecteur automatique de défaut et ses tores
  - XRM : Dispositif de recherche mobile de défaut avec pince ampèremétrique.

#### 4.5. CHOIX D'UN SCHÉMA DES LIAISONS À LA TERRE Sur le plan de la protection des personnes, les 3 schémas sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation. Étant donné les caractéristiques spécifiques à chaque régime, il ne peut donc être question de faire un choix a priori. Ce choix doit résulter d'un concertation entre l'utilisateur et le concepteur de réseau sur : 4.5.1. 1) les caractéristiques de l'installation. INTRODUCTION 2) les conditions et les impératifs d'exploitation. Il est illusoire de vouloir exploiter un réseau à neutre isolé dans une partie d'installation qui par nature possède un niveau d'isolement faible (quelques milliers d'ohms) : installations anciennes, étendues, avec lignes extérieures... De même il serait contradictoire dans une industrie où la continuité de service est impérative et les risques d'incendie importants de choisir une alimentation avec mise au neutre. S'assurer que l'installation ne se trouve pas dans un des cas où le schéma des liaisons à la terre est imposé ou recommandé par la législation (décrets, arrêtés ministériels). - Bâtiment alimenté directement par un réseau de distribution publique BT (domestique, petit tertiaire, **NEUTRE** Arrêté interministériel du 13.2.70. À LA TERRE - Règlement de sécurité contre les risques de panique et d'incendie dans les lieux recevant du 4.5.2. public. MÉTHODOL OGIE - IT médical NF C 15-211. POUR CHOISIR **UN SCHÉMA** DES LIAISONS NEUTRE À LA TERRE - Circuits de sécurité (éclairage) soumis au décret ISOLÉ de protection des travailleurs. - Arrêté ministériel du 10.11.76 relatif aux circuits et installations de sécurité (publié au JO du 1,12,76). Décret n° 76-48 du 9.1.76. IT ou TT - Circulaire du 9.1.76 et règlement sur la protection NEUTRE du personnel sur les mines et les carrières, ISOLÉ annexée au décret : 76-48. **OU NEUTRE** À LA TERRE Continuité de service primordiale qualifié NON OUI neutre isolé (IT) neutre isolé (IT) électricien Combiné à d'autres mesures éventuelles (normes neutre à la terre (TT) secours, sélectivité des protections, localisation et mise au neutre (TN) recherche automatique du premier défaut...) il Choix définitif après examen : 4.5.3. constitue le moyen le plus sûr pour éviter au maxi- des caractéristiques de l'installation (nature du SCHÉMA mum les coupures en exploitation. réseau, des récepteurs...); **DES LIAISONS** personnel Exemples: - du degré de complexité de mise en œuvre de À LA TERRE **RECOMMANDÉ** industries où la continuité de service est priorichaque schéma ; taire pour la conservation des biens ou des du coût de chaque schéma (à l'étude, à l'ins-**EN FONCTION** produits (sidérurgie, industries alimentaires); tallation, à la vérification, à l'exploitation). **DES IMPÉRATIFS** S exploitation avec circuits prioritaires de sécu-ET DES par rité: immeubles grande hauteur, hôpitaux, éta-**CONDITIONS D'EX**assuré blissements recevant du public : **PLOITATION** laboratoires, plates-formes d'essais.

aucun schéma n'est satisfaisant du fait de l'incom-

patibilité entre ces deux critères.

Entretien

neutre à la terre (TT)

le plus simple à mettre en œuvre, à contrôler, à exploiter (en particulier si des modifications d'installation sont envisagées en exploitation).

		CONSEILLÉ	POSSIBLE	DÉCONSEILL
nature du réseau				
réseau très étendu avec bonnes prises de terre des masses d'utilisation (10 Ω maxi)	∞4 <del>1-</del> \$		TT, TN, IT <sup>(1)</sup> ou mixage	
réseau très étendu avec mauvaises prises de terre des masses d'utilisation (> 30 $\Omega$ )	₩.	π	TNS	IT <sup>(1)</sup> TNC
réseau perturbé (zone orageuse) (ex. : réémetteur télé ou radio)	元	TN	Π	IT <sup>(2)</sup>
réseau avec courants de fuite importants (> 500 mA)	manananan.	TN <sup>(4)</sup>	TT <sup>(4)</sup>	
réseau avec lignes aériennes extérieures	31333	TT <sup>(5)</sup>	TN <sup>(5) (6)</sup>	IT(6)
groupe électrogène de sécurité		ІТ	π	TN <sup>(7)</sup>
nature des récepteurs				
récepteurs sensibles aux grands courants de défaut (moteurs)	-1	IT	π	TN <sup>(8)</sup>
récepteurs à faible isolement (fours électri- ques, soudeuses, outils chauffants, thermo- plongeurs, équipements de grandes cuisines)	<u> </u>	TN <sup>(9)</sup>	TT <sup>(9)</sup>	IT
nombreux récepteurs monophasés phase neutre (mobiles, semi-fixes, portatifs)		TT <sup>(10)</sup> TNS		IT <sup>(10)</sup> TNC <sup>(10)</sup>
récepteurs à risques (palans, convoyeurs)	TTTT	TN <sup>(11)</sup>	TT <sup>(11)</sup>	IT <sup>(11)</sup>
nombreux auxiliaires (machines-outils)	1(1)11(1)1	TNS	TNC IT <sup>(12 bis)</sup>	TT <sup>(12)</sup>
divers				
alimentation par transformateur de puis- sance avec couplage étoile/étoile (13)		п	IT sans neutre	TN <sup>(13)</sup> IT avec neutro
locaux avec risques d'incendie	Will.	IT <sup>(15)</sup>	TNS <sup>(15)</sup>	TNC <sup>(14)</sup>
augmentation de la puissance d'un abonné alimenté par EDF en basse tension, nécessi- tant un poste de transformation privé	## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ## ##	TT <sup>(16)</sup>		
établissements avec modifications fréquentes		TT <sup>(17)</sup>		TN <sup>(18)</sup> IT <sup>(18)</sup>
installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers, installations anciennes)		TT <sup>(19)</sup>	TNS	TNC IT <sup>(19)</sup>
équipements électroniques : calculateurs, automates programmables		TN-S	тт	TN-C
réseau de contrôle et commande des machines et capteurs effecteurs des auto- mates programmables		IT <sup>(20)</sup>	TN-S	

120

4.5.4.
INFLUENCE
DES RÉSEAUX
ET DES
RÉCEPTEURS
SUR LE CHOIX
DU SCHÉMA
DES LIAISONS
À LA TERRE

- (1) Lorsqu'il n'est pas imposé, le régime de neutre est choisi en fonction des caractéristiques d'exploitation qui en sont attendues (continuité de service impérative pour raison de sécurité ou souhaitée par recherche de productivité...).
- Quel que soit le régime de neutre, la probabilité de défaillance d'isolement augmente avec la longueur du réseau. Il peut être judicieux de le fragmenter, ce qui facilite la localisation du défaut et permet en outre d'avoir pour chaque application le régime conseillé ci-dessous.
- (2) Les risques d'amorçage du limiteur de surtension transforment le neutre isolé en neutre à la terre. Ces risques sont à craindre principalement dans les régions fortement orageuses ou pour des installations alimentées en aérien. Si le régime IT est retenu pour assurer la continuité de service, le concepteur devra veiller à calculer très précisément les conditions de déclenchement sur 2º défaut.
- (3) Risques de fonctionnement intempestif des DDR.
- (4) La solution idéale est, quel que soit le régime, d'isoler la partie perturbatrice si elle est facilement localisable.
- (5) Risques de défaut phase/terre rendant aléatoire l'équipotentialité.
- (6) Isolement incertain à cause de l'humidité et des poussières conductrices.
- (7) La mise au neutre est déconseillée en raison des risques de détérioration de l'alternateur en cas de défaut interne. D'autre part, lorsque ces groupes électrogènes alimentent des installations de sécurité, ils ne doivent pas déclencher au premier défaut.
- (8) Le courant de défaut phase-masse peut atteindre plusieurs  $I_n$  risquant d'endommager les bobinages des moteurs et de les faire vieillir ou de détruire les circuits magnétiques.
- (9) Pour concilier continuité de service et sécurité, il est nécessaire et recommandé quel que soit le régime de séparer ces récepteurs du reste de l'installation (transformateurs avec mise au neutre locale).
- (10) Lorsque la qualité des récepteurs est ignorée à la conception de l'installation, l'isolement risque de diminuer rapidement. La protection de type TT avec dispositifs différentiels constitue la meilleure prévention.
- (11) La mobilité de ces récepteurs génère des défauts fréquents (contact glissant de masse) qu'il convient de circonscrire. Quel que soit le régime, il est recommandé d'alimenter ces circuits par transformateurs avec mise au neutre locale.
- (12) Nécessite l'emploi de transformateurs avec mise au neutre locale pour éviter les risques de fonctionnement ou d'arrêt intempestif au premier défaut (TT) ou défaut double (IT).
- (12 bis) Avec double interruption du circuit de commande.
- (13) Limitation trop importante du courant phase/neutre en raison de la valeur élevée de l'impédance homopolaire : au moins 4 à 5 fois l'impédance directe. Ce schéma est à remplacer par un schéma Δ
- (14) Les forts courants de défaut rendent dangereuse la mise au neutre : le TNC est interdit.
- (15) Quel que soit le régime, utilisation de dispositif différentiel résiduel de sensibilité ∆n ≤ 500 mA.
- (16) Une installation alimentée en basse tension a obligatoirement le **schéma TT**. Garder ce régime de neutre équivaut à faire le minimum de modifications sur la distribution existante (pas de câble à tirer, pas de protection à changer).
- (17) Possible sans personnel d'entretien très compétent.
- (18) De telles installations demandent un grand sérieux dans le maintien de la sécurité. L'absence de mesures préventives dans la mise au neutre exige un personnel très compétent pour assurer cette sécurité dans le temps.
- (19) Les risques de rupture des conducteurs (d'alimentation, de protection) rendent aléatoire l'équipotentiabilité des masses. Le NFC 15-100 impose le TT ou le TNS avec des DDR 30 mA. Le IT est utilisable dans des cas très particuliers.
- (20) Cette solution permet d'éviter l'apparition d'ordres intempestifs lors d'une fuite à la terre intempestive.

- Dans les applications de type tertiaire ou industriel des précautions sont à prendre concernant la protection des appareils tels que : relayage, variateurs de vitesse, informatique, ASI (alimentation sans interruption), luminaires fluorescents, électronique de commande, systèmes numériques communicants, moteurs à très haute disponibilité.
- Les problèmes spécifiques posés par ces récepteurs vis-à-vis des SLT tiennent, selon les cas :
  - aux risques de dysfonctionnements (relayage)
  - à la disponibilité requise (moteurs à très haute disponibilité)
  - aux harmoniques qu'ils génèrent et à la compatibilité électromagnétique (autres cas).

#### · Relayage fil à fil

- Dans tous les cas de défaut d'isolement, le schéma de branchement des circuits de commande ne doit présenter aucun risque : – de contact indirect,
  - de dysfonctionnement de l'équipement.
- Les schémas TT ou TN permettent l'alimentation directe (Ph/N, Ph/ph) à partir de la puissance du relayage fil à fil sans risque de dysfonctionnement dû à un défaut d'isolement. Un tel défaut déclenche en effet la protection contre les contacts indirects et l'arrêt de la machine.
- En schéma TT, tout défaut d'isolement dans ce circuit se ramène à un défaut phase/terre (en a, b, c ou d) qui déclenche la protection de surintensité ou la protection par DDR.
- En schéma TN le déclenchement est réalisé directement par les protections de surintensité (ici protection de la phase 3), sous réserve de vérification de la valeur des impédances de boucle.
- Dans ces deux cas de SLT, l'élimination automatique du défaut entraîne l'arrêt de la machine. Sa remise en route nécessite l'élimination du défaut et la refermeture volontaire du disjoncteur puis du relais.

Aucun dysfonctionnement résultant d'un défaut d'isolement n'est donc à craindre en schéma TT ou TN.

#### - Schéma IT

- Pour supprimer les risques en schéma IT, il faut alimenter le circuit de commande par un transformateur d'isolement BT/BT avec mise à la terre de l'une des bornes du secondaire (ce qui assure le déclenchement de la protection du circuit de commande en ramenant à un schéma TN).
- En schéma IT, ci-contre, l'alimentation à travers un transformateur d'isolement BT/BT avec mise à la terre d'une des bornes du secondaire, élimine tout risque.

#### · Relayage électronique

- Ce type de relayage met en œuvre des cartes électroniques intégrant l'ensemble des circuits de commande présentés dans les schémas du relayage fil à fil, avec le plus souvent des fonctions complémentaires à base de microprocesseur.
- Cet ensemble électronique étant plus sensible, l'utilisation systématique d'un transformateur d'isolement, séparant l'électronique de la puissance, est préconisée, quel que soit le SLT.
- Ce transformateur permet d'éviter la « pollution » de l'électronique de commande par les éventuelles surtensions de manœuvre et harmoniques du circuit de puissance. L'une des bornes du secondaire sera reliée à la terre de l'installation.

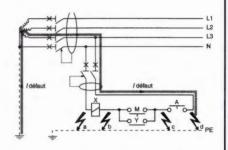


Schéma TT : le DDR élimine le défaut et arrête la machine commandée.

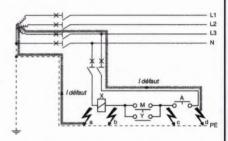


Schéma TN: la protection phase élimine le défaut et arrête la machine commandée.

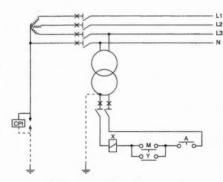
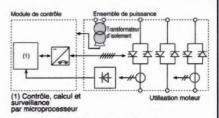


Schéma IT : circuit de commande



Relayage électronique

4.5.5.
MISE EN ŒUVRE
DES RÉCEPTEURS
PARTICULIERS

# 5. CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES. INDICES DE PROTECTION

La norme NFC 15-100 a codifié les influences externes auxquelles peut être soumise une installation électrique. La norme NFC 20-010 définit un degré de protection IP caractérisant l'aptitude d'un matériel à supporter les trois influences externes caractéristiques (présence de corps solides, présence d'eau, risques de chocs mécaniques).

## **5.1. DÉFINITION DES INFLUENCES EXTERNES**

(NFC 15-100)

Influences externes	Codes	Caractéristiques		Remarques - Symb	oles
Température ambiante AA	AA1 AA2 AA3 AA4 AA5 AA6 AA7 AA8	Très froide - 40 °C à	+ 40 °C + 60 °C + 55 °C		
Présence d'eau AD	AD1 AD2 AD3 AD4 AD5 AD6 AD7 AD8	Négligeable Chutes verticales de gouttes d'eau Aspersion d'eau jusqu'à 60° Projection d'eau dans toutes directions Jets d'eau dans toutes directions Paquets d'eau, vagues Immersion partielle ou totale (h ≤ 1 m) Submersion permanente (h > 1 m)		$\begin{array}{cccc} ( P\times1) \rightarrow & & & & & & & & \\ ( P\times3) \rightarrow & & & & & & & \\ ( P\times4) & & & & & & & \\ ( P\times5) \rightarrow & & & & & & \\ ( P\times6) & & & & & & \\ ( P\times7) \rightarrow & & & & & & \\ & & & & & & \\ \end{array}$	50 V 50 V 50 V 25 V 25 V 25 V 25 V 12 V
Présence de corps solides AE	AE1 AE2 AE3 AE4	Négligeable Petits objets – dimensions ≈ 2,5 mm Très petits objets – dimensions ≈ 1 mm Poussière en quantité appréciable		(IP0x) (IP3x) (IP4x) (IP5x) ou (IP6x)	
Présence de substances corrosives ou polluantes <b>AF</b>	AF1 AF2 AF3 AF4	Négligeable Origine atmosphérique Intermittent ou accidentelle Permanente			
Chocs <b>AG</b>	AG1 AG2 AG3 AG4	Faibles         choc d'énergie         ≤           Moyens         choc d'énergie         ≤           Importants         choc d'énergie         ≤           Très importants         choc d'énergie         ≤	6 J	(IPxx) (IK02) (IPxx) (IK07) (IPxx) (IK08) (IPxx) (IK10)	
Vibrations <b>AH</b>	AH1 AH2 AH3	Faibles Moyennes $10 \le t \le 50 \text{ Hz} - \text{Ampl.}$ Importantes $10 \le t \le 150 \text{ Hz} - \text{Ampl.}$			
Influence de flore AK	AK1 AK2	Négligeable Normal Risque Protections spécia	iles		
Présence de faune AL	AL1 AL2	Négligeable Risque (rongeurs, oiseaux,)			
Influences électromagnétiques, électrostatiques ou ionisantes AM	AM1 AM2 AM3 AM4 AM5 AM6	Négligeables Courants vagabonds Radiations électromagnétiques Rayonnements ionisants Influences électrostatiques Courants induits			
Résistance électrique du corps humain BB	BB1 BB2 BB3	Normales conditions sèches ou hu Faibles conditions mouillées Très faibles conditions immergées	mides	$U_{\rm c} < 50 \text{ V} \sim$ $U_{\rm c} < 25 \text{ V} \sim$ $U_{\rm c} \le 12 \text{ V} \sim$	
Contacts des personnes avec le potentiel de la terre BC	BC1 BC2 BC3 BC4	Nuls Faibles Fréquents Continus		$U_c < 50 \text{ V} \sim U_c < 50 \text{ V} \sim U_c < 50 \text{ V} \sim U_c < 25 \text{ V} \sim U_c \le 12 \text{ V} \sim U_c = 12 \text{ V} \sim U_c $	
Évacuation des personnes en cas d'urgence BD	BD1 BD2 BD3 BD4	Normale Densité d'occupation fai Évacuation facile Longue Densité d'occupation fai Évacuation d'inficile Encombrée Densité d'occupation in Évacuation d'ifficile Longue et Encombrée Densité d'occupation im Évacuation facile Longue et Encombrée Densité d'occupation im Évacuation d'ifficile	ble portante		
Nature des matières traitées ou entreposées BE	BE1 BE2 BE3 BE4	Risques négligeables Risques d'incendie Risques d'explosion Risques de contamination			
Matériaux de construction CA	CA1 CA2	Risques négligeables Combustibles		MO Autres que MO	
Structure des bâtiments CB	CB1 CB2 CB3 CB4	Risques négligeables Propagation d'incendie Mouvements Flexibles ou instables			

# 5.2. DÉFINITIONS DES INDICES DE PROTECTION IP et IK (NFC 20-010) (NFC 20-015)

		INDICES DE P	ROTE	ECTION IP	Mad-Mile	DEGRÉS CHOCS IK						
pro	chiffre otection otre les corps s	solides	pro	chiffre otection ntre les liquides			protection contre les chocs mécaniques					
IP	Tests	Définition	IP	Tests	Définition	IK	Énergie en choc	AG de la norme				
0		Non protégé.	0		Non protégé.	II.	(en joules)	NFC 15-100				
1 'A		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur à 50 mm.	1	HANNANANANA MIMMA	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau.	00	0					
2	•	Protégé contre les corps solides étrangers de		<u> </u>	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau	01	0,15					
*В		diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm.	2		avec une enveloppe inclinée de 15° maxi.	02	0,20	AG1				
3		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm.	3		Protégé contre l'eau de pluie fine jusqu'à 60° de la verticale.	03	0,35					
4 D		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 1 mm.	4	A many	Protégé contre les projections d'eau provenant de toutes les directions.	04	0,50					
1		Protégé contre les		7.771((M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)(M)		05	0,70					
5		poussières (éviter les dépôts nuisibles au bon fonctionnement du matériel ou à la sécurité).	5	→ <b>1</b>	Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions.	06	1					
6		Étanche à la poussière. Pas de pénétration de la poussière.	6		Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions (ex : paquets de mer).	07	2	AG2				
_		elles : taire avec le dos de la	7		Protégé contre les effets d'une immersion	08	5	AG3				
- B	main. : Contact avec le	doigt de la main.			temporaire dans l'eau (pression normale).	09	10					
C		n outil Ø 2, 5 long.	Protege contre les erret		Protégé contre les effets							
- D	100 mm. : Contact avec up 100 mm.	n outil Ø 1 long.	8		d'une immersion prolongée dans l'eau (éventuellement sous pression).	10	20	AG4				

La lettre additionnelle est utilisée si la protection contre les contacts directs est | - Ce tableau permet de connaître la plus élevée que le premier chiffre.

#### Lettres supplémentaires :

- H : Appareils à haute tension.
- M : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine en mouvement (exemple: rotor d'une machine tournante).
- S : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine stationnaire (exemple: rotor d'une machine tournante).
- W: Fonctionnement dans des conditions atmosphériques spécifiées et où des mesures ou des procédés complémentaires de protection ont été prévus.

La lettre supplémentaire se positionne après le 2e chiffre de l'IP ou après la lettre additionnelle.

Exemple d'une désignation d'une classe de protection. IP 35. IK04

- résistance d'un produit à un impact donné, en joules, à partir du code IK.
- Pour connaître la résistance aux chocs et l'IP nécessaire en fonction des locaux où le produit est installé, se reporter aux pages suivantes.

# 5.3. CLASSIFICATION DES LOCAUX SELON LES INFLUENCES EXTERNES, INDICES DE PROTECTION MINIMUM (NFC 15-10)

Remarque: Pour certains locaux, la mention NFC 15-100 § 482-2 par exemple, renvoie au numéro du chapitre de la norme NFC 15-100 qu'il est conseillé de consulter pour obtenir davantage de renseignements.

## 5.3.1. LOCAUX OU EMPLACEMENTS

	INFLUENCES	ш		S				U.I					Z	
	EXTERNES	TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	CHOCS	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES	DEGRÉS DE PROTECTION MINI	CHOCS
	LOCAUX	AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	116
	Buanderies	4	4	1	1	1, 2	1	1	1	3	1	1	24	07
	Caves – Celliers(a)	4	2	1	1	1, 2	1	1	1	3	1	1	20 20	02/
	Chambres(b)	3, 4	4, 5	1	1, 2	1	1	1	2	3	1	1	24/25	02
	Cuisines	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	20	0
	Douches (voir salles d'eau)	4	5	1	1	1	1	1	2, 3	3	1	1 2	20	0
	Greniers (combles)(b)	3, 5	1 4, 5	1	1, 2	1	1	1	1 2	3	1	1	24/25	02
ocaux ou empla-	Lieux d'aisance	4	2	1	3	1	1	1	1	3	1	1	21	0
cements domes-	Local à poubelles(a)	4	3	1	1	1,2	1	1	1	3	1	1	25	02
tiques ou ana-	Lingeries - Salles de repassage	4	2 7	1	1	1	1	1	1 3	3	1	1	21 27	0
logues	Salles d'eau : volume 0	4	4	1	1	1	1	1	3	3	1	1	24	0
	§ 701.71 volume 2	4	3	1	1	1	1	1	2	3	1	1	23	1
	volume 3	4	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	21	
	Salles de séjour	4	1 2	1	1	1	1	1	1	1, 2, 3 1, 2, 3	1	1	20 21	1
	Séchoirs(a)	4	2	1	1	1.2	1	1	1	3	1	1	21	02
	Terrasses couvertes	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	
	Toilette (cabinets de)	4	2	1 1	1	1	1	1	1	3	1	1	21 21	
	Vérandas	4	2	1	1	1	1	1	1	_	1	1		+
	Accumulateurs (salle d')(c)	1, 2, 3	3	2 2	3	1, 2	1	4, 5	1	3	1	3	23 33	0:
	Chambres frigorifiques(c) Service électrique	1, 2, 3	4	'	٥	1, 2	'	'		3	1			0
	(NFC 15-100 § 485-1)	4	1	1	1	2	1, 2	4, 5	1	3	1	1	20	
1	Salles de commande	4	1	1	1	2	1	4, 5	1	3	1	1	20	
Locaux techniques	Ateliers(d, e) Laboratoires(c, d)	4	2, 3	1,2	1 3	2, 3	1, 2	1	1, 2	3	1	1	21/23	0.
teriiiidaes	Laveurs de conditionnement d'air	4	4	1	1	2	2	1	1	3	1	1	24	1
	Garages (exclusiv. pour véhicules)													
	≤ 100 m <sup>2</sup>	4	2	1	1	2	1	1	1	3	1	1	21	0.
	Machines (salles de)(c) Surpresseurs d'eau(e)	4	2	2	3	2, 3	2, 3	1	1	3	1	1	31 23	0
		6	2	4	1	2, 3	1, 2	1	1	3	1	2	51/61	0
	Chaufferies à charbon(e, f) Chaufferies à autres combustibles(e)	6	2	1	3	2,3	1, 2	1	1	3	1	2	21	0
Chaufferies	Soute à charbon(f)	4	1	4	1	3	1	1	1	3	1	2	50/60	
et locaux	Soute à fuel	4	1	1	3	2,3	1	1	1	3	1	2	20	0
annexes	Soute à gaz liquéfié(e)	4	1	1 4	1 1	2, 3	1	1	1	3	1	3 2	20 50/60	0
P > 70 kW	Soute à scories(f) Local de pompes(e)	4	3	1	1	2,3	2	1	1	3	1	1	23	0
(NFC 15-100	Local de détente (gaz)(e)	4	1	1	1	2,3	1	1	1	3	1	3	20	0
§ 487-1)	Sous-station de vapeur												-00	
	ou d'eau chaude(e) Local de vase d'expansion(e)	4	3 2	1	1	2, 3	1	1	1	3	1	1	23 21	0
	Aires de stationnement(g)	4	2	1	1	2, 3, 4	1	1	1	3	1, 3	2	21	0
Garages	Zone de lavage	"		'	'	2, 3, 4		'		,	1, 0	-		0
et parcs	(à l'intérieur du local)	4	5	1	1	2	1	1	2	3	1	1	25	
de	Zones de sécurité :		_				4			2	4	3	21	١,
stationnement	à l'intérieur	4	2	1	1 1	2 2	1	1	1	3	1	3	24	
couverts	Zone de graissage	4	3	1	3	3	1, 2	1	1	3	1	1	23	1
S > 100 m <sup>2</sup>	Local de recharge de batteries de													
(NFC 15-100	traction	4	3	1	3	2	1	1	1	3	1	3	23 23	1
§ 487-3)	Local de recharge d'autres batteries Ateliers	4	3 2	1	3	2	1, 2	1	1	3	1	1	23	
	Lavabos individuels – w.c. à cuvette –	7	-		<u> </u>	J	1, 2	_	_	, ,		-		+
conur continue	urinoirs	4	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	21	
Locaux sanitaires	Lavabos collectifs – w.c. à la turque	4	3	1	i	2	1	1	1	3	1	1	23	
à usage collectif	Douches individuelles : volume 1	4	7	1	1	2	1	1	3	3	1	1	27	1
	NFC 15-100 volume 2	4	3	1	1	2	1	1	3	3	1	1	23	1

10.000 	INFLUENCES EXTERNES	TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	СНОСЅ	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES	DE PROTECTION MINI	CHOCS
	LOCAUX	AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	IK
Locaux sanitaires à usage collectif	\$ 701-71 volume 3  Douches collectives : volume 1  NFC 15-100 volume 2  \$ 701-71 volume 3	4 4 4 4	3 7 3 3	1 1 1 1	1 1 1 1	2 2 2 2	1 1 1 1	1 1 1 1	2 3 3 2	3 3 3 3	1 1 1 1	1 1 1 1	23 27 23 23	07 07 07 07
	Bureaux	4 4 4	1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2, 3 2, 3 2, 3	1,3 1,3 1,3	1 2 2	20 20 20	02 02 02
	statistiques, comptables, de reproduc- tion de documents	4 4	1 1 1	1 1	1 1 1	2 1	1 1	1 1	1 1	3 3	1 1	1 1	20 20 20	02 02 07
	Salles de guichets	4	1	1	1	2 2	1	1	1	3	1, 3	1 2	20 20	07 07
Bâtiments à usage collectif	de leurs labo	4 4 4	1, 2 5 4 3	1 1 1	3 3 3	2 2 2 -	1 1 1 1	1 1 1 1	1 3 3 3	3 3 3	3 1 1 1	1 4 4 4	20/21 25 24 23	07 07 07 07
	h: hauteur au-dessus du sol Salles de restaurant et de cantine Chambres collectives et dortoirs Salles de sports(k)	4 4	2 1 2	1 1	1 1 1	2 2 2,3	1 1	1 1	1 1	3 3 3	3 3	1 1	21 20 21	07 07 07/0
	Centres de vacances et de loisirs  Locaux de casernement  Salles de bal  Salles de réunions	4 4 4	2 2 1 1	1 1 1	1 1 1 1	2 2 2	1 1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 2,3 2,3	3 3 3	1 1 1	21 21 20 20	07 07 07 02
	Salles d'attente, halls, salons	4	1	1	1	1, 2	1	1	1	3	1 3	1	20	02
	Salles de démonstr. et d'exposition (a) Alcool (entrepôts d')	4	1	1	1	2	1	1	1	2, 3	3	1 2	20	02/0
	Bergeries (fermées)	4 4 3, 4 4	4 4 1 1	1 1 2 4	3 1 1	2 2 4 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1 1	3 3 3	1 1 1	2 1 2 2	35 24 30 50	07 07 10 07
Locaux ou emplacements	Chais	4 4 3, 5 4	3 5 4	1 1 1 3	1, 3 1 1, 2 3	2 2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 2 1	3 3 3	1 1 1	2 1 2	23 23 35 35	07 07 07 07
dans les exploitations agricoles	Engrais (dépôts d') Écuries – Étables Fumières	4 3, 4 3, 4	1 5 4	4 3 1	3 3 3	2 2 2	1 1	1 1	1 1	3 3 3	1 1	2 2 1	50 35 24	07 07 07
	Fenils – Fourrage (entrepôts de) Greniers – Granges Paille (entrepôts de) Serres	3, 4 4 6	1 1 1 4	4 4 4	1 1 1	2 2 2 2	1 1	1 1 1	1 1	3 3 3	1 1 1	2 2 2	50 50 50 23	07 07 07 07
	Traite (salles de)	4 4 4	5 5 4	3 3	3 3 3	2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 3 3	1 1 1	1 2 1	35 35 35	07 07 07
	Terrains de camping et de caravaning (NFC 15-100 § 483.2)	3, 4 3, 4 3, 4	4 6 5	2 2 2	1, 2 1, 2 1, 2	2 2 3	1 1 3	1 1 1	2 2 2	3 3 3	1 1 1	1 1 1	34 36 44	07 07 08
Installations diverses	Rues, cours, jardins et autres emplacements ext(b) Établissements forains	3, 4 3, 6 4	4, 5 3 8 5	2 2 2 2	1, 2	2 3 1	1 1 1	1 1 1	1, 2 1, 2 3 3	3 3 3	1 3 1	1 1 1	34/35 33 38 35	07 08 02 02
5 0 0 ÉTIQUES	§ 702.3) volume 2	4 6	4, 5 4	2 2	1	1	1	1	1 2	3 3	1	1	32/34 34	02
J.J.Z. ETABLISSE	MENTS INDUSTRIELS		-			-						-		00
	Abattoirs	3, 4 4 4	5 3 3	2 2	3 3 4	3 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 3 3	1 1	2 3 2, 3	55 33 33	08 07 07

INFLUENCES	ш		S				ш					-	
EXTERNES	TEMPÉRATURE		ACORPS SOLIDES	CORROSION	S	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CTS	ÉVACUATION	RES	DEGRÉ DE PROTECTION MINI	S
	ÉRA	EAU	S SO	ROS	СНОСЅ	RATI	PÉT	ISTA	CONTACTS	CUA	MATIÈRES	GRÉ	сносѕ
	EMF		JRP	90	O	VIBI	COM	RÉS	8	ÉVA	Ž	P. P	3
LOCAUX	AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	IK
Alcools (fabrication et dépôts)(I)	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	2, 3	33	07
Aluminium (fabrique)(I)	4	2, 3	4	3	3	1	1	1	3	1	2, 3	51/53	08
Animaux (élevage, engraissement, vente)	4	5	3	3	2	1	1	1	3	1	1	45	07
Asphalte, bitume (dépôts)	4	3	4	1	2	1	1	1	3	1	2	53	07
Battage, cardage des laines	4	1 4	4	1 3	3 2	1, 2	1	1	3	1	2	50 23/24	08
Blanchisseries(m) Bois (travail du)	4	1	4	1	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	50	08
Boucheries(b)	4	5	1	1	2	1	1	1	3	1	4	24/25	07
Boulangeries	4	1 5	4	1 2	2	1, 2	1	1	3	1	4	50 24	07
Briqueteries(m)	4	3, 4	4	1	3	1	1	1	3	1	1	53/54	08
Capture (fabrication at dépôt)	4	3 2	4	1, 3	2	1	1	1	3	1	2, 3	54 51	07
Carbure (fabrication et dépôt)	4	4	4	i	3	1	1	1	3	1	2, 3	53	08
Cartons (fabrication)	4	4	2	1	2	1	1	1	3	1	1, 2	33	07
Carrières Celluloïd (fabrication d'objets)	4	5	4 2	2 3	3	1	1	1	3	1	1 2	55 30	08
Cellulose (fabrication)	4	4	2	1	3	1	1	1	3	1	2	34	08
Charporteries	3, 4	5	4	1	3 2	1	1	1	3	1	2	53 24	08 07
Charcuteries	4	1	2	1	3	1	1	1	3	1	1	30	08
Chaux (fours à)	4, 6	1	4	3	3	1	1	1	3	1	1	50	08
Chiffons (entrepôts)	4	1 3	2 2	1 4	2 2	1	1	1	3	1	1.3	30	07
Chromage	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	1, 3	33	07
Cimenteries	4	1 3	4	3	3	1	1	1	3	1	2, 3	50 53	08 08
Colles (fabrication)	4, 6	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2, 3	33	07
Combustibles liquides (dépôts)(d)	3, 4	2, 3	2	1	3	1	1	1	3	1	2, 3	31/33	08
Corps gras (traitement) Cuir (fabrication, dépôts)	4	2	4 2	1	3	1	1	1	3	1	1	51 31	07
Cuivre (traitement des minéraux)	4	2	2	4	3	1	1	1	3	1	2	31	08
Décapage  Détersifs (fabrication des produits)	4	4	2	4	3	1	1	1	3	1	1	54 53	08
Distilleries	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2	33	07
Électrolyse	4	3	1	4	3	1	4, 5	1	3	1	3	03	08
Encres (fabrication) Engrais (fabrication et dépôts)	4	2	2	3	2 2	1	1	1	3	1	2 2, 3	31 53	07
Explosifs (fabrication et dépôts)	4	5	4	3	3	1	1	1	3	1	3	55	08
Fer (fabrication et traitement)	4	2	4	1 2	3 2	1	1	1	3	1	2 2	51 50	08
Filatures	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	1	50	07
Fromageries	4	5	1	3	2	1	1	1	3	1	4	25	07
Gaz (usines et dépôts) Goudrons (traitement)	3, 4	2	2 2	3	3 2	1	1	1	3	1	2, 3	31	08
Graineteries	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	1	50	07
Gravures sur métaux	4	3 2	2 2	3	2 2	1	1	1	3	1	2, 3	33 31	07
Huiles (extraction)(m)	4	4	2	4	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	33/34	08
Imprimeries	4	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	20	08
Laveries, lavoirs publics	4	5	1	3	2	1	1	1	3	1	1	25 25	07
Liqueurs (fabrication)	4	2	1	3	2	1	1	1	3	1	2	21	07
Liquides halogénés (emploi)	4	2	1	4	3	1	1	1	3	1	2, 3	21	08
Liquides inflammables (dépôts, ate- liers où l'on emploie des)	4	2	1	3, 4	3	1	1	1	3	1	2, 3	21	08
Magnésium (fabrication, travail									١.				
et dépôts)	4	2	2	1	3	1, 2	1	1	3	1 1	2, 3	31 20	08
Matières plastiques (fabrication)	4	2	4	4	3	1,2	1	1	3	1	2, 3	51	08
Menuiseries	4	1	4	1	3	2	1	1	3	1	2, 3	50 31/33	08 08
Métaux (traitement des)(d) Moteurs thermiques (essais de)	4	2, 3	2 2	3	3	2	1	1	3	1	1, 2, 3 2, 3	31/33	08
Munitions (dépôts de)	3, 4	3	2	3	3	1	1	1	3	1	3	33	08
Nickel (traitement des minerais)  Ordures ménagères (traitement)(m)	4	3 5	2	3	3 2	1, 2	1	1	3	1	2	33 53/54	08
Papier (fabriques)(m)	4	4	2	1	2	1, 2	-1	1	3	1	2	33/34	07
Papier (entrepôts)	4	2	2	1	2	1	1_	1	3	1	2	31	07

	INFLUENCES EXTERNES	TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	снося	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES	DEGRÉ DE PROTECTION MINI	CHOCS
	LOCAUX	AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	IK
	Parfums (fabrication et dépôts)	4 4 4 4	2 4 4 1 5	2 2 2 4 4	3 3 3 1	2 2 3 2 3	1 1 1,2 2	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	3 3 3	1 1 1 1	2, 3 2 2, 3 1 2, 3	31 34 33 50 55	07 07 08 07 07
	Produits chimiques (fabrication)(f) Raffineries de pétrole	4 3, 4 4	1 4 3	2, 4	4 3 4	2 2	1, 2	1 1 1	1 1	3 3 3	1 1 1	2, 3 2, 3 4	50/60 34 33	08 07 07
Établissements Industriels	Savons (fabrication) Scieries Serrureries Soieries	4 4 4 4	2 1 1 1 1	2 4 2 4	1 1 3	3 3 3	1 3 1, 2	1 1 1 1	1 1 1	3 3 3	1 1 1	1 2 1 1	31 50 30 50	07 08 08 08
maduloid	Soude (fabrication, dépôts) Soufre (traitement) Spiritueux (entrepôts)	4 4 4	3 2 3	2 4 2	3 3 3	2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1	3 3 3	1 1 1	1 2 2	33 51 33	07 07 07
	Sucreries Tanneries Teintureries Textiles, tissus (fabrication)	4 4 4 4	5 4 4 2	2 2 4	3 3 1	2 2 2 3	1 1 1 1,2	1 1 1	1 1 1	3 3 3	1 1 1	2, 3 1 2, 3 2	55 35 35 51	07 07 07 08
	Vernis (fabrication, application) Verreries Zinc (travail du)	4 4 4	3 3 2	2 2 2	3 3 3	3 3	1, 2 1, 2 1, 2	1 1 1	1 1 1	3 3 3	1 1	2, 3 2, 3 3	33 33 31	08 08 08
5.3.3. ÉTABLISSE	MENTS RECEVANT DU PUBLIC													
Établissements de spectacle	L Salles(c) Aménagements scéniques Locaux de projection cinématographique	4	1	1	1	1, 2 3	1	1	1	3	3	1 2	20 20	02/07 08
- CP-SCHILLIO	Magasins de costumes, réserves Ateliers, loges d'artistes	4	1	1	1	1	1	1	1	3 2, 3	1	2	20	02
	M Magasins de vente, bazars	4	1	1	1	3	1	1	1	3	3	1, 2	20	08
	N Restaurants, cafés, brasseries, bars cuisines O Hôtels, pensions de famille	4 4	1 1	1 1	1 1	1	1 1	1 1	1 1	3 2, 3	3	1 1	20 20 20	02 02
	P Bals, dancings, salles de réunions, de jeux	4	1	1	1	2	1	1	1	2, 3	3	1	20	07
Autres établissements	R Établissements d'enseignement S Bibliothèques, archives, musées T Expositions : Halls et salles	4 4	1	1 1	1 1	2 1 2	1 1	1 1	1 1	2, 3 2, 3	3 3	1 2 1	20 20 21	02 02 07
	Réserves, locaux de réception et d'emballage, ateliers, garages U Établissements sanitaires Blocs opératoires	4 4 4	1 1 1	1 1 1	1 1 1	3 1 2	1 1 1	1 2, 3 3	1 1 1	3 3 3	1 3 1	2 1 1,3	20 20 20	08 02 07
	V Établissements de cultes	4 4 4	1 1 3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1 1	2, 3 3 2,3 2,3	3 1 1	1 2 1	20 20 23	02 02 02

#### 5.3.4. CONDITIONS PARTICULIÈRES DU DEGRÉ DE PROTECTION IP DES MATÉRIELS

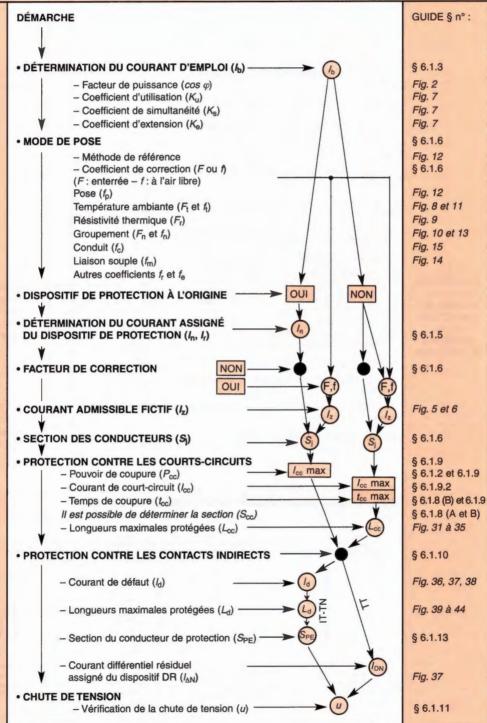
- (a) Le degré de protection IPXX IK02 est applicable dans les locaux à usage individuel. Le degré de protection IPXX IK07 est applicable dans les locaux à usage collectif.
- (b) Le degré IPX5 IK00 est applicable dans les emplacements qui sont susceptibles d'être arrosés au jet d'eau ; sinon, le degré IPX4 IK00 est suffisant.
- (c) Le degré IPXX IK07 est nécessaire si le local peut être parcouru par un matériel de manutention mobile ; sinon, le degré IPXX IK02 est suffisant.
- (d) Le degré IPX1 IK00 est applicable dans les emplacements qui ne sont pas mouillés. Le degré IPX3 IK00 est applicable dans les emplacements qui sont mouillés.
- (e) Le degré IPXX IK08 est applicable dans les emplacements où peuvent être manipulés des objets lourds ou encombrants ; sinon, le degré IPXX IK07 est suffisant.
- (f) Le degré IP5X IK00 est suffisant si les poussières qui pénètrent dans le matériel ne gênent pas son fonctionnement. Sinon, le degré de protection doit être IP6X IK00, degré qui impose que les poussières ne doivent pas pénétrer dans le matériel.
- (g) Le degré de protection IPXX IK10 est applicable aux emplacements situés à une hauteur au-dessus du sol inférieure ou égale à 1,50 m. Pour les emplacements situés à une hauteur au-dessus du sol supérieure à 1,50 m, le degré de protection IPXX IK07 est suffisant.
- (h) Le degré IPX1 IK00 est applicable s'il existe un point d'eau. Sinon, le degré IPX0 IK00 est suffisant.
- (k) Le degré IPXX IK08 est applicable si les jeux avec balles ou ballons sont possibles ; sinon, le degré IPXX IK07 est suffisant.
- (I) Le degré IPX1 IK00 est applicable lorsque l'aluminium est produit par électrolyse ignée de l'alumine. Le degré IPX3 IK00 est applicable lorsque l'aluminium est produit par électrolyse aqueuse.
- (m) Le degré de protection IPX4 IK00 est applicable dans les emplacements extérieurs non couverts. Dans les autres emplacements, le degré de protection IPX3 IK00 est suffisant.

Note - Lorsque les lettres sont entre parenthèses, la condition n'est applicable que si le risque correspondant existe.

# 6. LES CONDUCTEURS – LES CÂBLES LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

# 6.1. DÉTERMINATION DES SECTIONS DES CONDUCTEURS

(UTE C 15 105)



6.1.1.
DÉMARCHE DE
DÉTERMINATION
DES SECTIONS
DES
CONDUCTEURS
ET DES
DISPOSITIFS
DE PROTECTION
ASSOCIÉS

#### COURANTS DÉTERMINANT LA PROTECTION D'UNE CANALISATION ÉLECTRIQUE (NFC 15-100)

Le Pouvoir de Coupure de l'appareil de protection (Disjoncteur ou fusibles) doit répondre à la condition :

#### Pouvoir de coupure ≥ Icc

Les fusibles du type **gG** et **aM** assurent la protection contre les courts-circuits. Les disjoncteurs assurent la protection contre les courts-circuits lorsqu'ils sont munis d'un détecteur magnétique.

- Le courant conventionnel de fonctionnement du dispositif de protection contre les surcharges vaut 1,45  $\it I_{\rm Z}$ 

Seuls les fusibles du type **gG** assurent la protection contre les surcharges. Les disjoncteurs assurent la protection contre les surcharges lorsqu'ils sont munis d'un détecteur thermique.

In désigne le courant nominal des fusibles

 $I_{\rm r}$  désigne le courant de réglage du détecteur thermique

La protection d'une canalisation électrique dépend de son mode de pose et de l'environnement.

La protection contre les surcharges est assurée lorsque les conditions suivantes sont respectées :

	dispositif otection		es relais niques
l <sub>z</sub> ≥	K <sub>p</sub> I <sub>n</sub> Fou f	<i>l</i> <sub>z</sub> ≥	K <sub>p</sub> I <sub>r</sub> Fou f
<i>l</i> <sub>b</sub> ≤	$I_{n} \leq I_{z}$	<i>h</i> <sub>0</sub> ≤	$l_{r} \leq l_{z}$

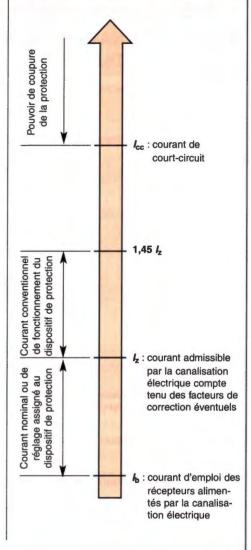
L: courant admissible par la canalisation

Ko: coefficient d'utilisation (Fig. 7)

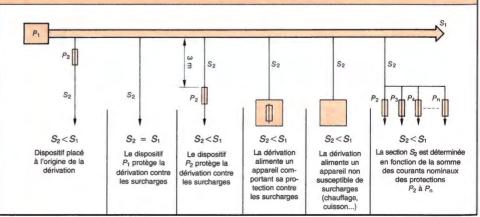
 ${\it F}$  : coefficient d'installation pour les canalisations enterrées

f: coefficient d'installation pour les canalisations posées à l'air libre

lb: courant d'emploi des récepteurs



#### **EMPLACEMENT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION (NFC 15-100)**



DISPOSITIFS DE PROTECTION

6.1.2.

**ENTRE LES** 

SECTIONS DES

CONDUCTEURS

**ET LES** 

#### • COURANT NOMINAL ABSORBÉ PAR LES RÉCEPTEURS

Le courant nominal absorbé par un récepteur entre dans la détermination du courant d'emploi  $\emph{h}_{b}$ . Le courant nominal est au plus égal au courant d'emploi.

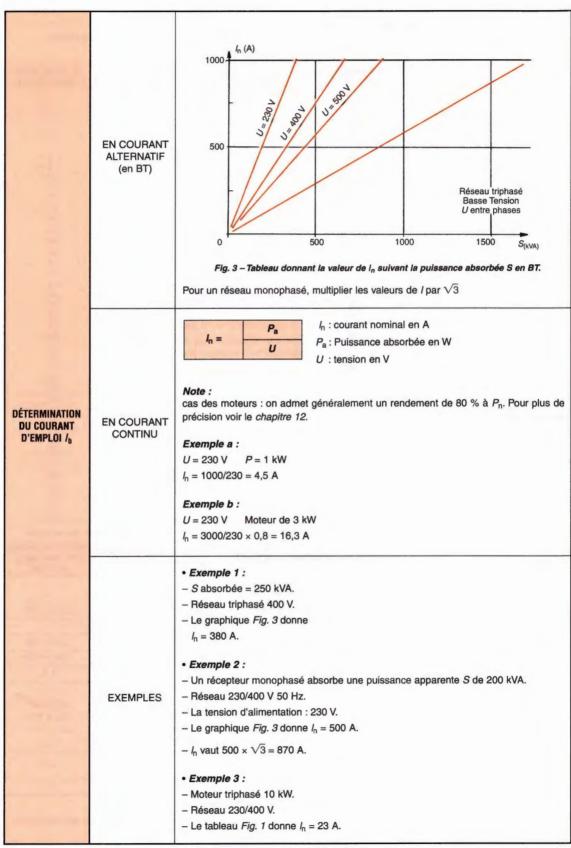
	Puissance en kW	In sous 230 V monophasé (A)	In sous 230 V triphasé (A)	In sous 400 V triphasé (A)
	0,75 1,1 1,5	5,2 7,8 10,5	3 4,5 6	1,75 2,6 3,5
	1,8 2,2 3	13,1 15,7 21	7,5 9,1 12,1	4,4 5,2 7
	3,7 4 4,5	26 29	15,1 16,6 18,1	8,7 9,6 10,5
	6 7,5 9	=	24 30 36	14 17,5 21
	10 11 13	-	40 45 53	23 26 30
EN COURANT	15 17 18,5	=	60 65 71	35 38 41
ALTERNATIF (cas des	20 22 25	-	77 85 99	44 49 58
moteurs)	30 33 37	-	114 127 142	66 73 82
	40 45 50	=	154 170 199	89 99 115
	55 63 75	=	212 229 273	123 133 158
	80 90 100	-	291 328 364	169 190 211
	110 132 150	-	401 481 547	232 279 317
	160 185 200	=	583 675 729	338 391 422
	220 250	=	802 912	465 528

6.1.3. DÉTERMINATION DU COURANT D'EMPLOI &

Fig. 1 – Tableau donnant la valeur de In suivant la puissance utile Pu des moteurs.

	Type de récepteu	hauffage résistifs 0,82 à 0,87 1,22 à 1 HF, ballasts 0,92 à 0,95 1,12 à 1 hHF, ballasts 0,92 à 0,95 1,12 à 1 hHF, ballasts 0,95 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,04 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,04 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,04 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,04 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,1 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,1 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,1 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,1 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,1 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83 à 0,88 1,04 à 1 hent, vapeur de mercure 0,83		Pointe de courant à la mise sous tension	
	Incandescence et hal Appareils de chauffaç	•	1	1	1
	Fluorescence, ballast	s et starters	0,82 à 0,87	1,22 à 1,56	1,09 à 1,37
	Fluorescence HF, bal	lasts	0,92 à 0,95	1,12 à 1,19	-
	Lumière mixte, vapeu	ir de mercure	0,95	1	1,3 à 1,33
FACTEUR DE	Ballon fluorescent, va	peur de mercure	0,83 à 0,88	1,04 à 1,14	1,33 à 1,78
PUISSANCE, RENDEMENT	lodures métalliques		0,78 à 0,88	1,1 à 1,15	1,6
ET POINTE DE	Moteurs électriques	P <sub>u</sub> ≤ 600 W	0,5	-	3,4 à 5
COURANT	(chapitre 12 pour	Pu de 1 à 3 kW	0,7	1,43	5,5 à 6,8
À LA MISE	plus de détails)	P <sub>u</sub> de 4 à 40 kW	0,8	1,25	6,2 à 7,3
SOUS TENSION		$P_{\rm u} > 50  {\rm kW}$	0,9	1,11	6,1 à 7,5
		Démarrage	0,3		3 à 8
	Transport de l'énergie bution public)	(réseau de distri-	0,9	1,05	s 1
	Absence d'indication		0,8	1,1	1
		Fig. 2 - Facteurs su	ivant le type d	le récepteurs.	

Les valeurs indiquées ci-dessus sont des valeurs moyennes pouvant être utilisées en l'absence de données plus précises.



	Elles dépendent	principalement des réce	epteur	s et de	e leur	mise	sous to	ensior	1				
	CAS DES MOTEURS	$I_{\rm p} = I_{\rm d} = 3 \text{ à 7 } I_{\rm n} \ (I_{\rm d}: {\rm c})$	ourant	de de	émarra	age)							
-	-	Le tableau (Fig. 4) do (Enclenchement à vio								ateur a	abaiss	eur)	
		Puissance apparente S en kVA	16	50	100	160	250	400	630	800		1600	2000
	CAS DES TRANSFORMA-	Coefficient d'enclenchement $k_e$	17	15	14	12	12	12	11	10	10	9	8
	TEURS $I_{D} = k_{\Theta} I_{D}$	Constante de temps d'enclenchement $\tau_e$ en s	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45
6.1.4.		Fig. 4 – Valeurs de $k_{\rm e}$ et de $\tau_{\rm e}$ suivant la puissance S  Les valeurs de $k_{\rm e}$ et de $\tau_{\rm e}$ sont données pour un transformateur abaisseur de tension, pour un transformateur élévateur de tension :  — multiplier $k_{\rm e}$ par 2.  — diviser $\tau_{\rm e}$ par 1,5.											
POINTES DE COURANT POSSIBLES (1/p)		Exemple a:  - Calcul du courant d' formateur triphasé 400 V (Enclenchem  - Alimentation HT/BT	s- V/	20kV - Alime	il du d iteur (Encl	triphas enche	sé de ment	160 l à vide)	kVA 4	00V/			
	EXEMPLES	teur) $-I = S/U \sqrt{3} = $ $160 \times 10^3/(20 \times 10^3 \times \sqrt{3}) = 4,62 \text{ A}$ $- \text{Le tableau } (Fig. 4) \text{ donne } :$ $k_0 = 12 \text{ et } \tau_0 = 0,2 \text{ s}$ $l_p = 4,62 \times 12 = 55,5 \text{ A}$ $\text{Lorsque } \tau = \tau_0 \text{ le courant de pointe est multiplié par } 0,36$ $- \text{Au bout de } 0,2 \text{ s le courant de pointe vaut } 55,5 \times 0,36 = 20 \text{ A}$ $ \text{à 5 } \tau_0 \text{ soit au bout de 1s, le courant vaut environ } 55,5 \times 0,36^5 = 0,34 \text{ A}.$ $- \text{Généralement, on admet qu'au bout de } 3,5 \tau_0 \text{ la pointe de courant est au plus égale à } l_0$											ointe
		Plus la pointe de cou d'enclenchement est f		l'encl	enche	ment	est gr	ande,	plus	la con	stante	de te	mps
6.1.5. DISPOSITIFS DE PROTECTION	- Types et cours  • type B → 3  • type C → 5  • type D →	cteurs divisionnaires de d ints assignés : $3 l_n < l_m \le 5 l_n$ $5 l_n < l_m \le 10 l_n$ $10 l_n < l_m \le 20 l_n$ final $\rightarrow l_n$ suivant le relais	itre 20	9)		al à 1	25 A fo	ont l'ol	ojet de	la no	rme N	FC 61	-410
6.1.6. DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS (S) (à partir des surcharges)	Conditions d'u  - liaisons po  - températu  - résistivité i  - l <sub>z</sub> connu.  b) Cas des liaiso  Conditions d'u  - courants a  - températu  - à l'abri du  - l <sub>z</sub> connu.	ons posées dans le sol - utilisation du tableau (Fig. seées à une profondeur de re du sol : 20 °C, thermique du sol : 100 °C ons posées sur tablettes utilisation du tableau (Fig. sissignés ou de réglage de re ambiante : 30 °C rayonnement solaire	g. 5): de 0,8 C cm/ à l'air g. 6): des dis	0 m, W, libre -	→ tabl eurs à	usag	e géné			otica	E 0:: 4		

#### INTENSITÉS ADMISSIBLES EN RÉGIME PERMANENT DANS LES CANALISATIONS ENTERRÉES BT (Méthode de référence D)\*\* (NFC 15-100)

Température du sol : 20 °C - Résistivité thermique : 100 °C/W

Section des co	onducteurs	Types	d'isolation/Nombre	de conducteurs cha	argés :
(mm	2)	PVC/3	PVC/2	PR/3	PR/2
Âme en Cuivre	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
	300	480	581	565	677
Âme en Aluminium	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
	300	371	447	440	520

• Exemple de câbles : PVC : FRN 05 ; VL2V-U/R.

PR: U 1000 R2V/R12N; U 1000 RGPFV.

• Nombre de conducteurs chargés : PVC/PR3 : triphasé.

PVC/PR2: monophasé ou continu.

• Calcul de l'intensité admissible l<sub>z</sub> :

$$I_{z} = \frac{K I_{b}}{F_{t} F_{r} F_{n}}$$

l<sub>b</sub> : intensité du courant d'emploi non corrigée (§ 6.1.2. ; 6.1.3.)

Fig. 5 – Section des âmes conductrices S pour un échauffement maximum permanent du câble.

Notes:	
<ul> <li>Suivant les conditions d'utilisation, corriger l'intensité à partir du coefficient K</li> </ul>	tableau ( <i>Fig. 7</i> )
– Si la température ambiante du sol est différente de 20 °C, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient $F_{\rm t}$	tableau (Fig. 8)
– Si la résistance thermique est différente de 1 K. m/W déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient $F_{\rm r}$	tableau (Fig. 9)
– Si le nombre de liaisons enterrées est différent de 1, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient $F_{\rm n}$	tableau (Fig. 10)
$-$ * Si la pose se fait sous tubes enterrés, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient $F_{n}$	tableau (Fig. 10)
- ** Voir modes de pose	tableau (Fig. 12)

#### INTENSITÉS ADMISSIBLES EN RÉGIME PERMANENT DANS LES CANALISATIONS BT POSÉES A L'AIR LIBRE (Méthodes de référence B, C, E et F)\*\* (NFC 15-100)

Température ambiante : 30 °C

Méthodes (	de référence :	20-20-00,		Types d'is	solation/No	mbre de co	nducteurs	chargés :		
В		PVC/3	PVC/2		PR/3		PR/2			
С			PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2		
E				PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2	
F					PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2
Section des co	onducteurs (mm²)		Washington and	to a light make	Intensit	és admissi	bles (A)	APPARE	A FOREIGN	
Âme en Cuivre	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	ł
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
İ	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
	500					749	868	946		1 083
	630					855	1 005	1 088		1 254
Âme en	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
Aluminium	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
ĺ	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
	630					711	808	899		996

Exemple de câbles : PVC : H05 VV ; H07V – A05VV.
 PR : H07 RNF ; U 1000 R2V/R12N ; U 1000 RGPFV.

• Nombre de conducteurs chargés : PVC/PR3 : triphasé.

PVC/PR2: monophasé ou continu.

Calcul de l'intensité admissible l<sub>z</sub>:

$$I_z = \frac{K I_b}{f_t f_p f_n f_c f_g f_r f_e}$$

l<sub>b</sub>: intensité du courant d'emploi non corrigée (§ 6.1.2. ; 6.1.3.)

Fig. 6 - Section des âmes conductrices S pour un échauffement maximum permanent du câble.

Notes :	I
<ul> <li>Suivant les conditions d'utilisation corriger l'intensité à partir du coefficient K</li> </ul>	tableau (Fig. 7)
- Si la température ambiante de l'air est différente de 30 °C, déterminer l'intensité admissible à partir	
du coefficient f <sub>t</sub>	tableau (Fig. 11)
$-$ Suivant le mode de pose, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient $f_{ m p}$	tableau (Fig. 12)
$-$ Suivant le groupement de circuits ou de câbles déterminer $f_{n}$	tableau (Fig. 13)
– Si la pose se fait sous tube, déterminer $f_{\rm c}$	tableau (Fig. 15)
$-$ Suivant le groupement du câbles ou de circuits sur plusieurs couches, déterminer $f_{ m g}$	tableau (Fig. 16)
- Suivant le type de réseau ou le risque d'explosion $f_r$ ; $f_e$	
- Dans le cas de liaisons souples d'alimentation d'engins mobiles les coefficients $f_p$ , $f_c$ , $f_g$ et $f_n$ sont	
remplacés par un coefficient $f_{m}$	tableau (Fig. 14)
- ** Voir modes de pose	tableau (Fig. 12)

	COEFFICIENT		COEFF	ICIENT (Kp)
	(K <sub>p</sub> ) SUIVANT LE TYPE ET LE	CALIBRE In	Disjoncteur	Fusibles gG
	CALIBRE DU	/ <sub>n</sub> < 16 A	1,00	1,31
	DISPOSITIF DE	. I <sub>n</sub> ≥ 16 A		1,10
	PROTECTION	. I <sub>n</sub> ≥ 16 A	1,00	1,10
	COEFFICIENT D'UTILISATION (K <sub>u</sub> ) DES APPAREILS RÉCEPTEURS	En l'absence d'indicatio adopté pour les apparei Pour les appareils d'écla égal à 1.	dustrielle, le coefficient d'utilisat ns plus précises, un coefficient d ils à moteur. airage et de chauffage, le coeffic ns plus précises, le coefficient d	d'utilisation $K_{\sf U}$ de 0,75 peut être $K_{\sf U}$ est toujours
			de récepteurs	Ks
			de recepteurs	
		- Appareils de cuisson		0,70
		- Ascenseurs	- Pour le plus gros moteur	
		ou – monte-charge	<ul><li>Pour le moteur suivant</li><li>Pour les autres</li></ul>	0,75 0,6
COEFFICIENTS			. our los danos	+
CORRECTEURS		Chauffe-eau     Chauffage électrique		1,00 1,00
K	COEFFICIENT	- Conditionnement d'air		1,00
SUIVANT L'UTILISATION	DE SIMULTANÉITÉ	- Éclairage		1,00
	(K <sub>s</sub> )	- Prise de courant (n pri	ises de courant)	0,1 + 0,8/n
		- / totale : 8 × 16 = 128 - K <sub>s</sub> = 0,1 + 0,8/8 = 0,2 - / absorbée : 128 × 0,2 - Puissance absorbée :	? = 25,6 A	
	COEFFICIENT D'EXTENSION	Le facteur d'extension h		
	(K <sub>e</sub> )		$K_{\!_{\Theta}}$ doit être estimé suivant les co au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.	
	(K <sub>e</sub> )	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e	au moins égal à 1 et, pour les	installations industrielles, und
	(K <sub>e</sub> )	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.	installations industrielles, und
	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e Le coefficient d'utilisation	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.	installations industrielles, und les coefficients $K_{\mathbf{x}}$
	(K <sub>0</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e Le coefficient d'utilisation Fig 7 – Tabl	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  on K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub>	installations industrielles, und les coefficients $K_{\rm x}$
	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e Le coefficient d'utilisation Fig 7 – Table re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> deau des coefficients correcteurs K	installations industrielles, und les coefficients $K_{\rm x}$
	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  on K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs K	installations industrielles, undustrielles coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p = 90$ °C)  1,07
	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  6 <sub>s</sub> er	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs K  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04
	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  6 er  10 15 20	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1
COEFFICIENTS	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  θ <sub>s</sub> er  10 15 20 25	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  on K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs K  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07  1,04  1 0,96
CORRECTEURS	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  6 er  10 15 20	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1
CORRECTEURS	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu θ <sub>s</sub> er  10 15 20 25 30 35 40	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1 0,96 0,93 0,89 0,85
CORRECTEURS F POUR CÂBLES	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu θ <sub>s</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs K  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1 0,96 0,93 0,89 0,85 0,80
CORRECTEURS  F POUR CÂBLES POSÉS	( <i>K</i> <sub>θ</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION ( <i>K</i> )  Températu θ <sub>8</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45 50	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71 0,63	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1 0,96 0,93 0,89 0,85 0,80 0,76
CORRECTEURS F POUR CÂBLES	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  θ <sub>s</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45 50 55	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71 0,63 0,55	installations industrielles, unless coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90 °C)  1,07 1,04 1 0,96 0,93 0,89 0,85 0,80
CORRECTEURS  F POUR CÂBLES POSÉS	( <i>K</i> <sub>θ</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION ( <i>K</i> )  Températu θ <sub>8</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45 50	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71 0,63	installations industrielles, undustrielles, undust
CORRECTEURS  F POUR CÂBLES POSÉS	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu θ <sub>e</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45 50 66 67	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 – Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71 0,63 0,55	installations industrielles, undustrielles, undust
CORRECTEURS  F POUR CÂBLES POSÉS	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu  θ <sub>e</sub> er  10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 – Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77 0,71 0,63 0,55	installations industrielles, undustrielles, undust
CORRECTEURS F	(K <sub>e</sub> )  COEFFICIENT D'UTILISATION (K)  Températu θ <sub>s</sub> er  10 15 20 25 30 35 40	de l'installation ; il est a valeur d'au moins 1,2 e  Le coefficient d'utilisation  Fig 7 - Table  re du sol	au moins égal à 1 et, pour les st recommandée.  In K est égal au produit de tous  K = K <sub>p</sub> . K <sub>u</sub> . K <sub>s</sub> . K <sub>e</sub> leau des coefficients correcteurs M  Isolation  PVC (θ <sub>p</sub> = 70 °C)  1,10 1,05 1 0,95 0,89 0,84 0,77	installations industrictles coefficients $K_x$ PR, EPR ( $\theta_p$ = 90  1,07 1,04 1 0,96 0,93 0,89 0,85

Résistivité thermique	Facteur de correction		Observations								
du terrain (K . m/W)	(F <sub>r</sub> )	Humidité		Nature du terrain							
0,40	1,25	Pose immergée	Marécages								
0,50	1,21	Terrains très humides	Sable								
0,70	1,13	Terrains humides		Argile							
0,85	1,05	Terrain dit normal		et calcaire							
1,00	1,00	Terrain sec									
1,20	0,94	Terrain très sec			Cendres						
1,50	0,86										
2,00	0,76										
2,50	0,70				et						
3,00	0,65				mâchefer						

Fig. 9 - Correction (F<sub>r</sub>) suivant la résistivité thermique du sol.

Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement.

COEFFICIENTS Distance entre câbles multiconducteurs ou groupements de trois câbles monoconducteurs CORRECTEURS Nulle Nombre de Un diamètre Méthode de Mode de (câbles câbles ou 0,25 m 0,5 m 1 m de câble référence pose **POUR CÂBLES** de circuits jointifs) POSÉS 0,76 0.79 0.84 0.88 0.92 3 0,64 0,67 0,74 0,79 0,85 DANS LE SOL 4 0.57 0.61 0.69 0.75 0.82 D 62-63 5 0,52 0,56 0.65 0.71 0.80 6 0,49 0,53 0,60 0,69 0,78

> Facteurs de correction pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de trois câbles monoconducteurs par conduit.

	Distance entre	Distance entre cables multiconducteurs ou groupements de trois cables monoconducteurs												
	Nombre de conduits	Nulle (conduits jointifs)	0,25 m	0,5 m	1 m	Méthode de référence	Mod							
ı	2	0,87	0,93	0,95	0,97									
ı	2	0.77	0.07	0.01	0.05									

conduits	(conduits jointifs)	0,20 111	0,0 111		référence	pose		
2	0,87	0,93	0,95	0,97				
3	0,77	0,87	0,91	0,95				
4	0,72	0,84	0,89	0,94	D	61		
5	0,68	0,81	0,87	0,93				
6	0.65	0.79	0.86	0.93	1			

Conduit ontone								10100	mode de pose o i				
Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
Facteurs de correction	1,00	0,71	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22	

Pour un même mode de pose le coefficient F<sub>n</sub> peut résulter du produit des facteurs de correction ci-dessus.

Fig. 10 - Correction (Fn) suivant le groupement de câbles et de conduits enterrés.

Élastomère

	– Les valeurs	ambiantes θ <sub>a</sub> en °C	(Caoutchouc) (θ <sub>p</sub> = 85 °C)	(θ <sub>p</sub> = 70 °C)	(θ <sub>p</sub> = 90 °C)
	de f ci-contre	10	1,29	1,22	1,15
	sont données	15	1,22	1,17	1,12
	pour des câbles	20	1,15	1,12	1,08
COEFFICIENTS	à l'abri du	25	1,07	1,07	1,04
CORRECTEURS	rayonnement	30	1	1	1
f	solaire.	35	0,93	0,93	0,96
SUIVANT	Solairo.	40	0,82	0,87	0,91
L'INSTALLATION		45	0,71	0,79	0,87
POUR CÂBLES	- Si les câbles	50	0,58	0,71	0,82
POSÉS	sont exposés	55	-	0,61	0,76
À L'AIR LIBRE	au rayonnement	60	-	0,50	0,71
	solaire, multiplier	65	-	-	0,65
	f par 0,85	70	-	-	0,58
	1, p , e.	75	-	-	0,50
		80	-		0,41
	Fig	11 - Correction (f.) suive	ent la température de l'a	air ambiant. Valeur de A.	(Fig. 17)

de de

DD EDD

	Mode de pose	Description		ode de rence	f <sub>p</sub>	Mode de pose	Description	Méthode de référence	fp
	1 2	Conduits encastrés dans les parois- thermiquement isolantes avec : - conducteurs isolés - câbles multiconducteurs		B B	0,77 0,70	25	Câbles mono ou multiconducteurs dans :  – des faux plafonds  – des plafonds suspendus posés sous des plafonds non démontables	В	0,98
	3 3A	Conduits en montage apparent avec : - conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs		B B	1,00 0,90	31 31A	Goulottes fixées aux parois en par- cours horizontal avec : – câbles mono ou conducteurs isolés – câbles multiconducteurs	B B	1,0
	4 4A	Conduits profilés en montage apparent avec :  - conducteurs isolés  - câbles mono ou multiconducteurs		B B	1,00	32 32A	Goulottes fixées aux parois en par- cours vertical avec : - câbles mono ou conducteurs isolés - câbles multiconducteurs	B B	1,0
	5 5A	Conduits encastrés dans les parois avec :  - conducteurs isolés  - câbles mono ou multiconducteurs		3	1,00	33 33A	Goulottes encastrées dans les plan- chers avec :  - conducteurs isolés  - câbles mono ou multiconducteurs	В	1,0
	11 11A	- cables mono ou multiconducteurs     avec ou sans armure :     - fixés au mur  - fixés au plafond	(	C 1,00 C 0,99		34 34A	- capies mono ou multiconducteurs  Goulottes suspendues avec :  - conducteurs isolés  - câbles mono ou multiconducteurs	B B	1,0
COEFFICIENTS	12	sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées      sur des chemins de câbles ou tablettes		câble	pour un seul câble 1,00	41	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des caniveaux fermés en parcours horizon- tal ou vertical	В	0,9
CORRECTEURS  f SUIVANT L'INSTALLATION	14	perforées, en parcours horizontal ou vertical  - sur des corbeaux ou treillis soudés  - sur des échelles à câbles	E E	F F	1,00 1,00	42	Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ventilés	В	1,0
POUR CÂBLES POSÉS À L'AIR LIBRE	17	Câbles mono ou multiconducteurs sus- pendus à un câble porteur ou autopor- teur	E	F	1,00	43	Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés	В	1,0
	18	Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs	С		1,21	61	Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits, des fourreaux ou des conduits profilés enterrés	D	0,8
	21	Câbles mono ou multiconducteurs dans des vides de construction	ı	3	0,95	62	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	D	1,0
	22	Conduits dans des vides de construc- tion avec : - conducteurs isolés		3	0,95	63	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire	D	1,0
	22A	- câbles mono ou multiconducteurs		3	0,865	71	Conducteurs isolés dans des plinthes ou des moulures en bois	В	1,0
	23 23A	Conduits profilés dans des vides de construction avec : - conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs		3	0,95 0,865	73	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des chambranles	В	0,9 pou câbl mul
	24	Conduits profilés noyés dans la construc- tion avec :  — conducteurs isolés	ı	3	0,95	74	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des huisseries de fenêtres	В	0,9 pou câbl mut
	24A	- câbles mono ou multiconducteurs	E	3	0,865	81	Câbles immergés dans l'eau	À l'étude	

<sup>-</sup> le numéro du mode de pose (1 à 74) pour déterminer le coefficient f₁ (groupement de circuits sur une couche Fig. 13), le coefficient  $f_c$  (pose sous conduits Fig. 15),

<sup>-</sup> la méthode de référence (B à F) pour déterminer les intensités admissibles et les sections des conducteurs (Fig. 5 et Fig. 6),

<sup>-</sup> le coefficient fp à appliquer.

Fig. 12 - Correction (fp) suivant le mode de pose (tableau 52C de la NFC 15-100)

Modes	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
de pose	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
1 à 5 A 21 à 43, 71	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40		
11, 12	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de coefficient				
11A	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64	1	réducti			
13	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	supplémentaire pour plus de		de		
14, 16 et 17	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78		9 câble:	S		

Les circuits ou les câbles sont considérés jointifs si la distance entre deux câbles voisins est inférieure à deux fois le diamètre du plus gros câble.

Fig. 13 - Correction (fn) suivant le groupement de circuits ou de câbles multiconducteurs sur une couche

OFIAITIO	Nombre de câbles posés jointivement sur le chariot	2	3	4	5
PORTE-CÂBLES	Coefficient de correction	0,94	0,88	0,87	0,86

	Tambour	Tambour monospire		Tambour multispire			
	Nombre de couches	Coefficient de correction	Nombre de couches	Nombre de spires jointives	Coefficient de correction		
	1	1,00	1	1 2 3 4 5 6 7 et plus	1,00		
	2	0,88			0,94		
	3	0,80			0,88 0,87		
	4	0,76			0,86		
					0,85		
	5	0,75			0,85		
TAMBOUR	6	0,74		1 couche complète + 1 0,84 2 0,76 3 0,71 4 0,68 5 0,66 6 et plus 0,66			
D'ENROULEUR	7	0,73	2		0,84 0,76 0,71 0,68 0,66 0,66		
	8	0,73					
	9	0,72					
	10	0,71					
	11	0,70		2 couches			
	12	0,69	3	complètes			
	13	0,68			0,61 0,60		
	14	0,68			0,59 0,55		
	15	0,67		5 6 et plus	0,53 0,53		

Ce coefficient de correction  $f_{\rm m}$  se substitue aux coefficients  $f_{\rm p}$ ,  $f_{\rm n}$ ,  $f_{\rm c}$  et  $f_{\rm q}$ .

Fig. 14 - Correction (f<sub>m</sub>) dans le cas des liaisons d'alimentation d'engins mobiles

#### Exemple:

- Alimentation d'un moteur triphasé de 10 kW par un câble tripolaire U 1000 R2V (âmes en cuivre) posé sur chemin de câbles perforé à l'abri du soleil (on suppose K = 1).
- Nombre de câbles existant sur le chemin de câbles : 3.
- Tension triphasée : 400 V.
- Température ambiante :  $t_a = \theta_a = 25$  °C.
- Calcul de l'intensité à transporter (on suppose un régime nominal permanent de fonctionnement)
   Le tableau (Fig. 1) donne 23 A sous 400 V.
- Pose à l'air libre :

Le tableau (Fig. 11) donne  $f_t = 1,04$ 

Le tableau (Fig. 12) donne le mode de pose 13 ;  $f_p$  = 1,00 ; méthode de référence E Le tableau (Fig. 13) donne  $f_n$  = 0,77 (4 liaisons jointives)

- Calcul de l'intensité admissible  $I_z$  = 1 x 23/(1,04 x 1,00 x 0,77) = 28,7 A Le tableau (Fig. 6) donne S = 2,5 mm<sup>2</sup> (E - PR/3) supportant 31 A (prendre  $I_z$  immédiatement supérieur dans le tableau)

	Mode de pose	le pose Numéros : 1 - 2 - 3 - 3A - 4 - 4A - 21 - 22 - 22A - 23 - 23A - 41 - 42						41 – 42		
N	lombre de conduits	Nombre de conduits disposés horizontalement								
	disposés verticalement	1		2	3		4	5		6
	1	1,00	0	,94	0,91	0	,88	0,87		0,86
-	2	0,92	0	,87	0,84	0	,81	0,80		0,79
	3	0,85	0	,81	0,78	0	,76	0,75		0,74
	4	0,82	0	,78	0,74	0	,73	0,72		0,72
	5	0,80	0	,76	0,72	0	,71	0,70		0,70
	6	0,79	0	,75	0,71	0	,70	0,69		0,68
	Conduits posés à l'a	ir libre ou da	ns les vi	des des co	onstructio	ns				
-	Mode de pose		1-11-	Nu	méros :	5 – 5A –	24 – 24	A		
N	lombre de conduits disposés		No	mbre de d	onduits	disposé	s horiz	ontaleme	nt	
	verticalement	1		2	3		4	5		6
TS RS	1	1,00	0	,87	0,77	0	,72	0,68		0,65
	2	0,87	0	,71	0,62	0	,57	0,53		0,50
ON	3	0,77	0	,62	0,53	0	,48	0,45		0,42
ES	4	0,72	0	,57	0,48	0	,44	0,40		0,38
IR	5	0,68	0	,53	0,45	0	,40	0,37		0,35
	6	0,65	0	,50	0,42	0	,38	0,35		0,32
	Conduit encastrés									
		Fig. 15 – Coi	rrection (	f <sub>c</sub> ) pour po	se sous c	onduits et	condui	ts joints		\$404X
N	lombre de couches	2		3 4 ou 5			6à8		9 et +	
Fa	acteur de correction	0,80		0,73	0,70 0,68			0,66		
	Fig. 16 – Correction (f <sub>g</sub> ) suivant le groupement de circuits ou de câbles multiconducteurs sur plusieurs couches									
	Autres coefficients d	installation :								
	TYPE DE RÉSEAU Si rés			eau non équilibré				$f_{\rm r} = 0.84$		
	RISQUE D'EXPL	OSION	OSION Si risqu		e d'explosion		f <sub>e</sub> =	, = 0,85		
	F POUR LES CAN	ALISATIONS	ENTER	REES	f POUR	UR LES CANALISATIONS A L'AIR AMBIAI				AMBIANT
-	F:	F <sub>t</sub> . F <sub>r</sub> . F <sub>n</sub>		-		f = f	. fp . f	n . f <sub>c</sub> . f <sub>g</sub> .	f <sub>r</sub> . f <sub>e</sub>	
	Noture dec e	analiantiana		LIAILI	atlan di	Almonda		Con	ducte	urs
	Nature des ca	anansanons		Oun	sation du	Circuit	N	latériaux	Sect	tions (mm²)
		Câbles et conduc- teurs isolés		Puissance et éclairage			uivre		1,5	
						-	uminium uivre	-	2,5 0,5*	
lr	nstallations fixes			Signalisation et commande			uivre		10	
		Conducteurs	Puissance teurs nus			uminium		16		
	Conduct			Signalisation et commande		С	uivre		4	
	Liaisons souples par câbles ou conducteurs isolés		Pour un appareil déterminé		С	uivre		ant norme		
				Pour toute autre application		1 0	uivre		0,75**	
			Circuits à très basse tension pour applications spéciales		on C	uivre		0,75		
			<sup>2</sup> est adr			<u> </u>		n et de co	mman	de destinés
	• • •		n <sup>2</sup> est adi	mise pour	les câhle	solunles	compo	rtant au m	oine e	ent conduc-
	aux applications éle  * Une section minima	ctroniques. ale de 0,1 mm	n <sup>2</sup> est adı	pour app nise dans mise pour	lication les circ	uit oles	ns spéciales cuits de sign bles souples	ns spéciales  cuits de signalisatio	ns spéciales Cuivre cuits de signalisation et de col	

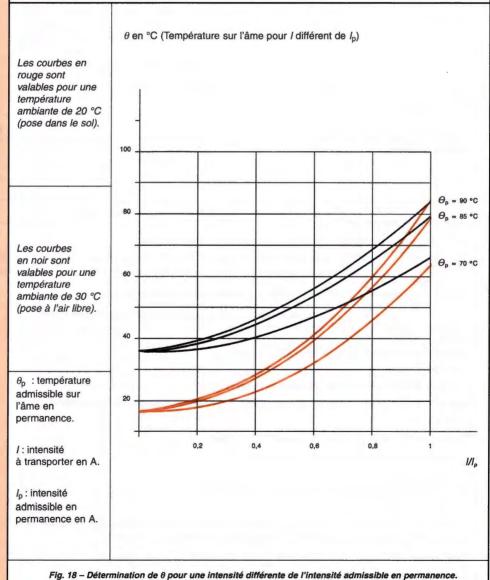
#### A - La section Scc dépend :

- de la température maximale admise en régime permanent et en fin de court-circuit, suivant la nature de l'isolant. Tableau Fig. 17.
- de l'intensité transportée par rapport à l'intensité admissible. Abaques Fig. 18 ci-dessous.
- de la densité de courant admissible et de la durée du court-circuit. Abaques Fig. 19.

Températures	Nature de l'isolant des câbles et conducteurs				
maximales (°C)	Polychlorure de vinyle (PVC)	Caoutchouc butyle	Polyéthène réticulé (PR) éthylène propylène (EPR)		
En régime permanent : $\theta_{\rm p}$	70	85	90		
En fin de court-circuit : $\theta_{\rm cc}$	160	220	250		

Les valeurs  $\theta_{\rm D}$  = 70 °C et  $\theta_{\rm cc}$  = 160 °C s'appliquent également aux connexions soudées à l'étain.

Fig. 17 - Températures maximales admises.



6.1.8.

DÉTERMINATION

DE LA

SECTION

DES

CONDUCTEURS

SCC
(à partir
du courant

de court-circuit)

 $\theta_{\rm cc}$  (température à la fin du court-circuit) est à lire dans le tableau (Fig. 17)

 $\theta$  (température au début du court-circuit) est à lire sur l'abaque (Fig. 18)

En noir : courbes pour une âme conductrice en cuivre.

En rouge : courbes pour une âme conductrice en aluminium.

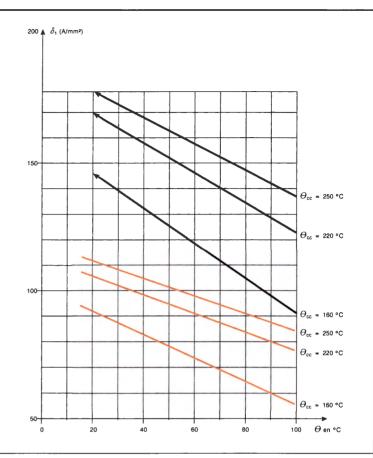


Fig. 19 - Détermination de la densité de courant de court-circuit.

 $S_{\rm cc} = \frac{I_{\rm cc} \sqrt{I_{\rm cc}}}{\delta_1}$ 

I<sub>cc</sub>: courant de court-circuit présumé en A (§ 6.1.9.)

 $\delta_1$ : densité de courant admissible pendant le court-circuit en A/mm<sup>2</sup>. (Abaques Fig. 19)

t<sub>cc</sub> : durée du court-circuit en s (elle est fonction de l'appareil de protection contre les courts-circuits).

Cette relation est applicable seulement pour des temps de coupure inférieurs à 5 s.

Fig. 20 - Détermination de la section de court-circuit S<sub>cc</sub> en mm<sup>2</sup>.

#### Exemple:

- Alimentation d'un moteur triphasé de 10 kW sous 400 V
- Icc présumé : 4 kA
- $-t_{cc}$  = 0,05 s (fixé par l'appareil de protection en début de ligne)
- Câble U 1000 R 2 V Cu / ≠ I<sub>p</sub> (régime permanent ou charge maximale du câble non atteinte)
- $-t_a = \theta_a = 25$  °C
- Pose sur chemin de câbles (à l'air libre) 3 liaisons installées
- Définition de l'isolant : U 1000 R 2V → PR (§ 6.2.4.)

Détermination de Scc:

- Le tableau (*Fig. 17*) indique  $\theta_{\rm p}$  = 90 °C et  $\theta_{\rm cc}$  = 250 °C (PR)
- $-1 \neq l_0 \rightarrow 1/l_0 = 23/31 = 0.742$

(l'exemple § 6.1.6. donnant I = 23 A pour un courant admissible de 31 A dans une section de 2,5 mm<sup>2</sup>)

- L'abaque (Fig. 18) indique :  $\theta$  = 65 °C ( $l/l_p$  = 0,742, pose à l'air libre,  $\theta_p$  = 90 °C)
- L'abaque (Fig. 19) indique :  $\delta_1$  = 156 A/mm<sup>2</sup> ( $\theta$  = 65 °C âme en cuivre,  $\theta_{cc}$  = 250 °C)
- Le calcul (Fig. 20) donne :  $S_{cc} = 4000 \times \sqrt{0.05} / 156 = 5.73 \text{ mm}^2$   $S_{cc} = 6 \text{ mm}^2$

#### DÉTERMINATION **DE LA SECTION** DES CONDUCTEURS Scc

B – Une bonne approximation de la section  $S_{cc}$  si  $t_{cc}$  est connu ou de la durée de court-circuit  $t_{cc}$  si  $S_{cc}$ est connue est donnée par la relation suivante : (NFC 15-100, § 434.3)

$$S_{cc}$$
: section de l'âme conductrice en mm<sup>2</sup>.

 $S_{\rm cc} = \frac{I_{\rm cc} \sqrt{t_{\rm cc}}}{k_1}$   $I_{\rm cc}$ : courant de court-circuit effectif en A. (Valeur efficace.)  $t_{\rm cc}$ : durée du court-circuit en s

k<sub>1</sub>: 115 (143) pour les conducteurs en cuivre isolés au PVC.

pour les conducteurs en cuivre isolés au butyle.

143 (176) pour les conducteurs en cuivre isolés au PR ou EPR. 76 (95) pour les conducteurs en aluminium isolés au PVC.

94 (116) pour les conducteurs en aluminium isolés au PR ou EPR.

Entre parenthèses : câbles PE isolés ou nus non incorporés aux câbles multiconducteurs.

Exemple précédent :

$$S_{\rm cc} = \frac{4000 \sqrt{0.05}}{143} = 6.25 \text{ mm}^2$$

**AMPLITUDE** MAXIMALE DE LA CRÊTE **ASYMÉTRIQUE** DU COURANT DE COURT-CIRCUIT

$$I_{cc} = K \cdot I_{cc} \sqrt{2}$$

$$\cos a_{\rm oc} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

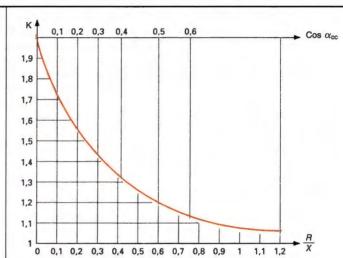


Fig. 21 - Valeurs de K permettant le calcul de la première onde asymétrique de crête du courant de court-circuit (UTE C 15-105)

6.1.9. **PROTECTION CONTRE LES COURANTS DE COURT-CIRCUIT** 

Exemple:  $I_{cc} = 32,7 \text{ kA.eff}$ 

$$X = 5.10^{-3} \Omega$$

$$R = 5 . 10^{-3} \Omega$$

$$R/X = 1 \rightarrow$$

$$\hat{l}_{cc} = 32.7 \times 1.08 \times \sqrt{2} = 50 \text{ kA}.$$

Plus cos  $\varphi_{cc}$  est faible plus la composante asymétrique est grande.

#### **CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT : (UTE C 15-105)**

Il est nécessaire de déterminer, pour chaque circuit, le courant de court-circuit maximal présumé Icc maxi à l'origine du circuit et le courant de court-circuit minimal présumé lcc mini à l'extrémité du circuit.

- Le courant de court-circuit maximal l<sub>cc</sub> maxi permet :
  - la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection (fusibles ou disjoncteur) ;
  - la vérification des contraintes thermiques l<sup>2</sup>t des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur.
- Le courant de court-circuit minimal loc mini permet :
  - la vérification des conditions de coupure en cas de court-circuit ou de défaut lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur;
  - la vérification des contraintes thermiques l²t lorsque le dispositif de protection est réalisé par des fusibles.
- La vérification des contraintes thermiques des conducteurs est nécessaire lorsque :
  - · le circuit n'est pas protégé contre les surcharges ;
  - le conducteur de neutre a une section S<sub>n</sub> inférieure à celle des conducteurs de phases et qu'il n'est pas protégé contre les surcharges.
- La vérification des contraintes thermiques l²t doit répondre à la condition :

 $I^2t = k_1^2 S^2 > I_{cc}^2 t$ 

 $I^2t = k_f^2 S^2$ : contraintes thermiques des conducteurs en A<sup>2</sup>S.

k1: facteur lié à l'âme conductrice et de son isolant (§ 6.1.8. point B)

S: section du conducteur en mm2

12 : courant de court-circuit présumé minimum en A

t: temps de fusion des fusibles ou de fonctionnement du disjoncteur (Voir chapitre 20)

#### 6.1.9.1. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT PAR LA MÉTHODE DES IMPÉDANCES

- Les caractéristiques de la source d'alimentation sont connues.
- Les caractéristiques de la boucle de défaut sont connues.
  - Cette méthode permet le calcul des courants de court-circuit I<sub>cc</sub> maximaux et I<sub>cc</sub> minimaux.

#### DANS CETTE MÉTHODE LE COURANT DE COURT-CIRCUIT EST DONNÉ PAR :

 $I_{CC} = \frac{U_{O}}{Z} = \frac{U_{O}}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$ 

 $\emph{l}_{cc}$  : courant de court-circuit en kA

U<sub>0</sub>: tension simple à vide en V

 $\Sigma R$ : résistance totale de la boucle en défaut en  $10^{-3}~\Omega~(m\Omega)$  $\Sigma X$ : réactance totale de la boucle en défaut en  $10^{-3}~\Omega~(m\Omega)$ 

#### A - COURANTS DE COURT-CIRCUIT MAXIMAUX

A.1. - COURANT DE COURT-CIRCUIT TRIPHASÉ SYMÉTRIQUE ICC3 (KA):

$$I_{\text{CC3}} = \frac{U_{\text{O}}}{\sqrt{\left(R_{\text{t}} + \rho_{1} \frac{L}{S_{\text{ph}} \cdot N_{\text{ph}}}\right)^{2} + \left(X_{\text{t}} + \lambda \frac{L}{N_{\text{ph}}}\right)^{2}}}$$

R<sub>t</sub> et X<sub>t</sub> : résistance et réactance d'un conducteur de phase source comprise jusqu'à l'origine du circuit considéré (mΩ)

 $\rho_1^*$  = 1,25  $\rho_{20}$ : résistivité des conducteurs ( $\Omega$  . mm²/m) (Tableau Fig. 25)

L : longueur simple de la canalisation (m)

 $S_{
m ph}$  : section des conducteurs de phase du circuit considéré (mm²)

 $N_{ph}$  : nombre de conducteurs en parallèle par phase  $\lambda^*$  : réactance linéique des conducteurs (m $\Omega$ /m)

\* Par le calcul, *Fig. 21, 22, 24.* Graphiquement, *Fig. 25, 26.* **Exemple :** § 6.8.

A.2. - COURANT DE COURT-CIRCUIT BIPHASÉ Inc. (kA):

$$I_{cc2} = 0.86 I_{cc3}$$

A.3. - COURANT DE COURT-CIRCUIT MONOPHASÉ PHASE NEUTRE Icc1 (kA) :

$$I_{CC1} = \frac{U_{O}}{\sqrt{\left[R_{t} + R_{n} + \rho_{1} \cdot L\left(\frac{1}{S_{ph} \cdot N_{ph}} + \frac{1}{S_{n} N_{n}}\right)\right]^{2} + \left[\left(X_{t} + X_{n} + \lambda \cdot L\frac{1}{N_{ph}} + \frac{1}{N_{n}}\right)\right]^{2}}}$$

\* Par le calcul, Fig. 22, 23, 25

 $R_n$  et  $X_n$ : résistance et réactance d'un conducteur de neutre jusqu'à l'origine du circuit considéré (m $\Omega$ )

Graphiquement, Fig. 26, 27

S<sub>n</sub>: section du conducteur de neutre du circuit considéré (mm²)

Exemple: § 6.8.

N<sub>n</sub>: nombre de conducteurs en parallèle pour le neutre.

A.4. - COURANT DE COURT-CIRCUIT PHASE-NEUTRE AUX BORNES DE SORTIE DU TRANSFORMATEUR /cct (kA) :

$$I_{CCO} = K_0 \cdot I_{CC3}$$

 $K_0 = 1$  lorsque le transformateur est à couplage étoile-zigzag.

 $K_0 = 0.8$  lorsque le transformateur est à couplage triangle-étoile.

(Voir également tableau Fig. 24)

#### **B - COURANTS DE COURT-CIRCUIT MINIMAUX**

B.1. – COURANT DE COURT-CIRCUIT DANS UNE DISTRIBUTION TRIPHASÉE SANS NEUTRE  $l_{\rm cc}$  (kA) :

 $l_{cc}$  = 0,86  $l_{cc3}$  : même relation qu'en A.1. avec  $\rho_1^*$  remplacé par  $\rho_2^*$  = 1,5  $\rho_{20}$  (Tableau Fig. 25)

B.2. - COURANT DE COURT-CIRCUIT DANS UNE DISTRIBUTION TRIPHASÉE AVEC NEUTRE OU MONOPHASÉE PHASE-NEUTRE (c) (kA):

 $l_{cc} = l_{cc1}$   $l_{cc1}$ : même relation qu'en A.3. avec  $\rho_1^*$  remplacé par  $\rho_2^* = 1,5$   $\rho_{20}$  (Tableau Fig. 25)

P <sub>cc</sub> = (MVA)	R (mΩ)	$X(m\Omega)$	
125	0,2	1,4	
250	0,1	0,7	
500	0	0,35	

Fig. 22. – Composantes de l'impédance d'un réseau haute tension ramenées côté basse tension en 230/400 V (420 V à vide).

$Z_{T} = \sqrt{R_{T}^2 + }$	Z <sub>T</sub> en Ω		
$R_{\rm T} = W \frac{U^2}{P^2}$	$\cos \varphi_{T} = \frac{R}{Z}$	$R_{T}$ en $\Omega$	

 $R_T$ : résistance par phase en  $\Omega$ .

U : tension nominale secondaire entre phases du transformateur à vide en V.

P: puissance nominale du transformateur en kVA

W: pertes du transformateur en W.

e : tension de court-circuit du transformateur en %.

**Note** : En l'absence d'indications une valeur de 6 % pour e et une valeur de 0,3 pour cos  $\varphi_{\tau}$  sont admises.

Fig. 23 - Composantes de l'impédance du transformateur.

P (kVA)	In (A)	600 (kA)
16	22	0,560
25	34	0,875
40	55	1,4
50	68	1,72
100	138	3,43
160	220	5,49
200	275	6,85
250	343	8,58
315	433	10,80
400	550	13,72
500	687	17,15
630	866	21,60
800	1100	24,40
1000	1374	27,44
1250	1708	31,18
1600	2199	36,61
2000	2749	42,30
2500	3436	49,10
3150	4329	59,20

Les transformateurs de puissance nominale au plus égale à 3,15 MVA (NF C 52-113) immergés dans un diélectrique liquide peuvent admettre le courant de court-circuit l<sub>CCO</sub> ci-contre en 230/400 V (420 V à vide)

Fig. 24 - Courant de court-circuit l<sub>ccO</sub> du transformateur.

RÈGLE	RÉSISTIV	CONDUCTEURS			
D'UTILISATION		Cuivre	Aluminium	CONCERNÉS	
I <sub>cc3</sub> (maxi)	$\rho_1 = 1,25 \; \rho_{20}$	0,0225	0,036	Ph – N	
I <sub>cc</sub> (mini)	$\rho_2 = 1,5 \; \rho_{20}$	0,027	0,043	Ph – N	
Courant de défaut dans les schémas TN et IT	$ ho_{\rm d}$ = 1,25 $ ho_{20}$	0,0225	0,036	Ph - N PE - PEN	
Chute de tension	$\rho_{\rm u}$ = 1,25 $\rho_{\rm 20}$	0,0225	0,036	Ph - N	
Vérification des contraintes thermiques des conducteurs $I_1^2$	$ \rho_{\text{th}} = 1,5 \ \rho_{20} $	0,027	0,043	Ph – N PEN – PE si même câble	
	$\rho_{\text{th}} = 1,25 \; \rho_{20}$	0,0225	0,036	PE si séparé	

 $\rho_{20}$  = résistivité des conducteurs à 20 °C :

0,018  $\Omega$  mm²/m pour le cuivre et 0,029  $\Omega$  mm²/m pour l'aluminium.

 $\lambda$  = réactance linéique des conducteurs :

 $0.08~m\Omega/m$  quels que soient le mode de pose, la disposition et la nature des conducteurs.

Fig. 25 - Impédance des conducteurs.

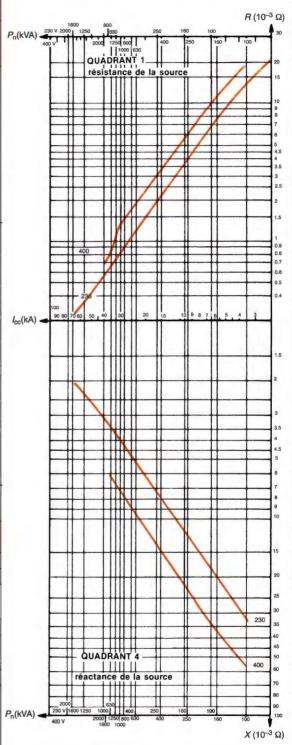
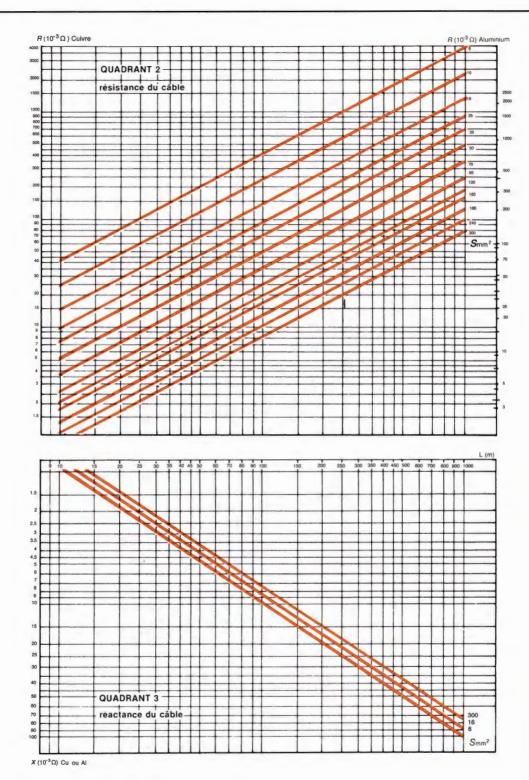


Fig. 26 - Composantes de l'impédance de la source.



Pour les jeux de barres : - la résistance R est négligeable ;

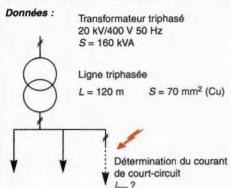
- la réactance X se lit sur la courbe 6 mm² (prendre un rapport 10 pour plus de précision).

Fig. 27 – Composantes de l'impédance des câbles et des jeux de barres.

# 6.1.9.2. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT PAR LA MÉTHODE DE COMPOSITION

- Le courant de court-circuit à l'origine est connu.
- Les caractéristiques en amont ne sont pas connues.
  - Cette méthode permet de déterminer les courants de court-circuit l<sub>cc</sub> maximaux à l'extrémité d'une canalisation. Elle s'applique à des installations dont la puissance est inférieure à 800 kVA.

# ÉVALUATION DU COURANT DE COURT-CIRCUIT TRIPHASÉ Icc3 (kA) (Fig. 29)



### Solution :

La Fig. 24 donne  $l_{cc0}$  = 5,49 kA ( $l_{cc}$  amont) (Courant de court-circuit aux bornes du transformateur 20 kV/400 V de puissance 160 kVA).

Le tableau Fig. 29 donne pour :

$$S_{\rm cu} = 70~{\rm mm^2}$$
  $L = 75~{\rm m}$   $I_{\rm cc}$  amont = 7 kA un  $I_{\rm ccx}$  de 4 kA

# Remarques:

- Choisir la valeur la plus proche par défaut de la longueur de câble considérée dans le tableau Fig. 29
- Choisir la valeur la plus proche par excès du courant de court-circuit amont dans le tableau Fig. 29

# 6.1.9.3. CALCUL DU COURANT DE COURT CIRCUIT PAR LA MÉTHODE CONVENTIONNELLE

- Le courant de court-circuit à l'origine n'est pas connu.
- Les caractéristiques de l'alimentation en amont ne sont pas connues.
  - Cette méthode permet de déterminer les courants de court-circuit l<sub>cc</sub> minimaux. Elle s'applique pour les circuits terminaux situés suffisamment loin de la source d'alimentation.

# CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT MINIMAL À L'EXTRÉMITÉ D'UNE CANALISATION Icc (A) :

 $I_{CC} = \frac{0.8 \ U}{2\rho_2 \frac{L}{S}}$ 

U : tension, en service normal, à l'endroit où est installé le dispositif de protection, en V.

L : longueur des conducteurs de la canalisation en m.

S: section des conducteurs en mm2.

 $\rho_2 = 1.5 \, \rho_{20}$ : résistivité des conducteurs en  $\Omega$ mm<sup>2</sup>/m (Tableau Fig. 25)

# TABLEAUX DONNANT DIRECTEMENT LA LONGUEUR MAXIMALE DE CANALISATION DE SECTIONS DONNÉES PROTÉGÉES CONTRE LES COURTS-CIRCUITS.

- Conditions d'utilisation :
  - Caractéristiques de fonctionnement conformes aux normes en vigueur.
  - Temps de fonctionnement du dispositif de protection inférieur à 5 s.
  - Conducteurs en cuivre dans une installation triphasée 230/400 V.
- Types de protection :
  - Fusible aG → Fig. 31
  - Fusible aM → Fig. 31
  - Disjoncteurs type B → Fig. 32

- Disjoncteurs type C → Fig. 33
- Disjoncteurs type D → Fig. 34
- Disjoncteurs à usage général → Fig. 35

Lorsque deux valeurs sont indiquées pour une même section et un même courant assigné, la première concerne les conducteurs isolés au PVC, la seconde les conducteurs isolés au PR ou EPR.

	n 230/400 V re distribué	Alimentation biphasée issue d'une alimentation	Conducteur	en aluminium
	nonophasée	triphasée 230/400 V	Protection par fusible	Protection par disjoncteur
$S_n = S_{ph}$	$S_{\rm n} = S_{\rm ph}/2$			
0,58	0,77	0,86	0,41	0,62

Fig. 28 – Facteurs de correction à appliquer aux longueurs si les conditions d'utilisation ne sont pas respectées.

CUIVRE	Section des conducteurs de phase (mm²)	_							Lor	ngue	eur d	le la	can	alis	ation	n (er	n mè	etre)							
	1,5														0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32
	2,5													1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	160	21	26	50
	4												0,8	1,7	2,1	2,5	3,5	4	8,6	17	21	250	34	42	85
	6												1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130
	10										0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	110	210
	16								0,9	1	1,4	1,7	3,5	7	8,5	10	14	17	34	70	85	100	140	170	340
	25							1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50	100	130	160	210	260	
	35							1,5	1,9	2,2	3	3,5	7,5	15	19	22	30	37	75	150	190	220	300	370	
	50						1,1	2,1	2,7	3	4	5,5	11	21	27	32	40	55	110	210	270	320			
	70						1,5	3	3,5	4,5	6	7,5	15	30	37	44	60	75	150	300	370				
230 V	95				0,9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80	100	200	400					
400	120		0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100	130	250						
	150	0,8	1	1,1	1,2	1,4	2,7	5,5	7	8	11	14	27	55	70	80	110	140	270						
	185	1	1,1	1,3	1,5	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320						
	240	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4	8	10	12	16	20	40	80	100	120	160	200	400						
	300	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	5	9,5	12	15	19	24	49	95	120	150	190	240							
	2 × 120	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5,1	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200	250							
	2 × 150	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	5,5	11	14	17	22	28	55	110	140	180	220	280							
	2 × 185	2	2,3	2,6	2,9	3,5	6,5	13	16	20	26	33	65	130	160	200	260	330							
	3 × 120	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300	380							
	3 × 150	2,5	2,9	3,5	3,5	4	8	16	21	25	33	41	80	160	210	250	330	410							
	3 × 185	2,9	3,5	4	4,5	5	9,5	20	24	29	39	49	95	190	240	290	390								
	I <sub>cc</sub> amont							Co	urar	nt de	e co	urt-c	ircu	iit a	u niv	eau	con	side	éré				7		
	100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	60	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0.5
	90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
	80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
	70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0.5
	50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
l <sub>cc</sub>	30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0.5
	25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0.5
	20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0.5
	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0.5
	10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4	2,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,5
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3

ALUMI- NIUM	Section des conducteurs de phase (mm²)								Lor	ngue	ur d	le la	can	alis	atio	n (er	mè	tre)							
	2,5														0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32
	4													1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50
	6												0,8	1,6	2	2,4	3	4	8	16	20	24	32	40	60
	10												1,3	2,6	3,5	4	5,5	6,5	13	26	33	40	55	65	130
	16										0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	105	210
	25								0,8	1	1,3	1,7	3,5	6,5	8,5	10	13	17	33	65	85	100	130	165	330
	35							0,9	1,2	1,4	1,8	2,3	4,5	59	12	14	18	23	46	90	120	140	180	230	
	50							1,3	1,7	2	2,6	3,5	6,5		17	20	26	33	65	130	170	200	260	330	
	70						0,9	1,8	2,3	2,8	3,5	4,5	9	18	23	28	37	46	90	180	230	280	370		
	95 120						1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130	250	310	380			
230 V	150					0,8	1,7	3,5	4	4,5	6,5 7	8	17	32	40	47	65 70	80	160	320	400				-
400	185		-		0,9	1	2	4	4,5 5	6	8	8,5	20	40	50	50 60	80	100	200	400					
	240		0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75		130	250	400				-	_
	300	0,9	1	1,2	1,1	1,5	3	6	7,5	9	12	15	30	60	75	90	120	150	300						
	2 × 120	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320					-	
	2 × 150	1	1,2	1,4	1,5	1,7	3,5	7	9	10	14	17	35	70	85	100	-	170							
	2 × 185	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4,1	8	10	12	16	20	41	80	100	120		200		-					
	2 × 240	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200	250							
	3 × 120	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	4,5	9,5	12	14	19	24	48	95	120	140	190	240							
	3 × 150	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	5	10	13	15	21	26	50	100	130	150	210	260							
	3 × 185	1,8	2,1	2,4	2,7	3	6	12	15	18	24	30	60	120	150	180	240	300							
	3 × 240	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300	380							
	I <sub>cc</sub> amont							Co	urar	nt de	co	urt-c	ircu	it au	ı niv	⁄eau	con	side	éré						
	100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	60	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
	90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
	80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5
	70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
I <sub>cc</sub>	30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5
	20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,5
	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5
	10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4	2,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,5
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4
	1			_		_		1					$\rightarrow$			_	$\rightarrow$	$\rightarrow$		0,7		$\rightarrow$	0,6	0,5	0,3

Section nominale des conducteurs en cuivre						Cou	rant a	assig	né des	coup (A)	e-circ	uit à 1	fusibl	es gG	•				
(mm²)	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100
1,5	99/113	86/87	40/59	21/29	9 13/1	6 7/9													
2,5		134	110/12	67/84	4 41/5	1 25/3	3 13/2	20 8/1	1										
4			183	139	108/11	19 67/8	4 46/5	8 24/3	2 14/17	7,3/10									
6				214	165	139	94/1	13 55/	0 33/41	20/27	10/14								
10					275	226	172	13	90/10	57/70	30/41	17,5/23							
16							283	3 21	168	128	86/95	53/65	30/67						
25								33	257	197	155	118	73/87	42/52					
35									367	283	220	172	134	59/71	48/61				
50										379	299	229	179	136	93/112	58/74			
70											441	336	269	202	134	124	55/71		
95							1					472	367	278	215	172	109/125	63/87	
120													482	346	268	215	145	109/128	52/7
150						$\top$							483	373	283	231	151	124	79/9
185						$\vdash$	$\top$							441	336	273	185	147	107
240				_	+-	+	+-	-	+	-		_							
Section nominale des						Cou	rant a	assig	né des	coup	e-circ	uit à 1	usible	es aM	504	315	215	172	126
nominale des conducteurs en cuivre						Cou	rant a	assig	né des	coup (A)	e-circ	uit à 1	usible	es aM		315	215	172	126
nominale des conducteurs	16	20	25	32	40	Cou 50	rant a	assig		(A)	e-circ					630	800	172	
nominale des conducteurs en cuivre	16 55/64	<b>20</b> 37/45	<b>25</b> 25/30	<b>32</b> 15/20	40					(A)									
nominale des conducteurs en cuivre (mm²)			25/30			50				(A)									
nominale des conducteurs en cuivre (mm²)	55/64	37/45	25/30	15/20 40/49	28/32	<b>50</b> 17/20		80		(A)									
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5	55/64	37/45 84/94	25/30 58/68	15/20 40/49	28/32	50 17/20 42/48	<b>63</b> 26/33	18/23		(A)									1250
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95	28/32	50 17/20 42/48	<b>63</b> 26/33 55/64	80 18/23 37/42	100	(A)	60 20	0 250							
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89	<b>63</b> 26/33 55/64	80 18/23 37/42	26/31 1- 57/69 44 120 83	(A) 125 1 1/20 1/20 1/27 1/27 1/27 1/20	/32 15/ /67 40/	19 49 27/3	315	400	500				
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94	100 26/31 1- 26/31 1- 57/69 44	(A) 125 1 1/20 1/20 1/27 1/27 1/27 1/20	/32 15/ /67 40/	19 49 27/3	315	400	500				
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  14/20  0/47 27  8/97 59  47 1	/32 15/ /67 40/	19 49 27/3 92 59/6	315	3 7 27/3	500	630	800		
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10 16 25	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	/32 15/ /67 40/ 13 80/	19 49 27/3 92 59/6 0 98/11	33 17/2 68 40/4 09 68/7	3 7 27/3: 7 47/5	500	630	800	1000	1250
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10 16 25 35	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	/32 15/ /67 40/ 13 80/ 60 13	119 27/3 49 27/3 59/6 0 98/11/14	315 313 317/2 313 317/2 313 317/2 313 313 317/2 313 313 313 313 313 313 313 313 313 31	400 400 400 400 400 400 400 400 400 400	2 2 4 31/3/4 51/6	630 630 8 17/23	800	13/18	1250
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10 16 25 35	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2	119 49 27/3 59/6 0 98/11/17 7 200	315 313 317/2 40/4 68/7 116 3 170	400 400 33 33 77 27/33 47/5 47/5 130	500 500 500 500 500 500 500 500 500 500	630 630 8 17/2: 1 35/4: 9 73/8:	800	13/18	20/2
nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	//32 15/ //32 15/ //67 40/ //13 80/ //17 17/ //25	119 49 27/3 59/6 0 98/11/17 7 200	315 313 317/2 40/4 68/7 116 3 170	400 400 400 400 400 400 400 400	2 2 4 31/3/4 51/6/ 97/104 146	630 630 8 17/2: 1 35/4: 9 73/8:	800 800 83 82 22 21/23 546/54 572/91	13/18	20/2:
nominale des conducteurs en cuivre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	//32 15/ //32 15/ //67 40/ //13 80/ //17 17/ //25	119 49 27/3 59/6 0 98/11/17 7 200	333 17/2 333 17/2 368 40/4 309 68/7 1166 170 236	400 400 400 400 400 400 400 400	500 500 2 2 2 4 31/31 4 51/6 97/10 146 176	630 630 1 35/42 1 11/12 1 143	800 800 83 82 22 21/23 546/54 572/91	13/18 32/28 52/60	20/25 40/44 57/64
nominale des conducteurs en culvre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	55/64 116 181	37/45 84/94 147	25/30 58/68 118	15/20 40/49 84/95 139	28/32 58/68 105/117	17/20 42/48 79/89 147	26/33 55/64 113/125	18/23 37/42 80/94 151	26/31 1/57/69 4/ 120 8:	(A)  125 1  1/20  1/20  1/47 27  1/47 1  1/210 1	//32 15/ //32 15/ //67 40/ //13 80/ //17 17/ //25	119 49 27/3 59/6 0 98/11/17 7 200	333 17/2 333 17/2 368 40/4 309 68/7 1166 170 236	400 400 33 7 27/3; 7 47/5; 72/8; 130 181 181 226	500 500 2 2 2 4 31/31 4 51/6 97/10 146 176	630 630 1 35/42 1 35/42 1 1/2 1 43 1 153	800 800 800 800 800 800 800 800	13/18 32/28 52/60 78/89	20/25 40/44 57/64

Fig. 31 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles. (Méthode conventionnelle)

Note: Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3 appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28.

Section nominale des conducteurs en cuivre		Cou	ıran	t as	sigı	né d	es (A)		onci	teur	s ty	pe I	3	Section nominale des conducteurs en cuivre		Cou	ıran	t as:	sigr	é d	es c	lisjo	onct	eur	s ty	pe (	;
(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	14	1,5	148	89	68	56	44	36	28	22	18	14	11	9	7
2,5	494	296	228	185	148	119	93	74	59	47	37	30	24	2,5	247	148	114	93	74	59	46	37	30	24	19	15	12
4	790	474	385	296	237	190	148	119	95	75	59	47	38	4	395	237	182	148	119	95	74	59	47	38	30	24	19
6	-	711	547	444	356	284	222	178	142	113	89	71	57	6	593	356	274	222	178	142	111	89	71	56	44	36	28
10	-	_	912	741	593	474	370	296	237	188	148	119	95	10	988	593	456	370	296	237	185	148	119	94	74	59	47
16	-	-	-	-	948	759	593	474	379	301	237	190	152	16	-	948	729	593	474	379	296	237	190	150	119	95	76
25	-	-	-	-	-	-	926	741	593	470	370	296	237	25	-	-	-	926	741	593	463	370	296	235	185	148	119
35	-	-	-	-	-	-	-	-	830	658	519	415	331	35	-	-	-	-	-	830	648	519	415	329	259	207	166
50	_	-	-	-	-	-	-	-	-	894	704	563	450	50	-	-	-	-	-	-	880	704	563	446	351	281	225

Fig. 32 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type. (Méthode conventionnelle)

Fig. 33 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type C. (Méthode conventionnelle)

Section nominale des conducteurs en cuivre		Cou	ran	t as	sigı	né d	es (A)		onci	teur	s ty	pe [	)
(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	74	44	34	28	22	18	14	11	9	7	6	4	3
2,5	123	74	57	46	37	30	23	19	15	12	9	7	6
4	198	119	91	74	59	47	37	30	24	19	15	12	9
6	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	14
10	494	296	228	185	149	119	93	74	59	47	37	30	24
16	790	474	365	296	237	190	148	119	95	75	59	47	38
25	-	741	570	463	370	296	231	185	148	118	93	74	59
35	-	-	798	648	519	415	324	259	207	165	130	104	83
50	_	-	_	880	704	563	440	351	281	223	176	141	113

Fig. 34 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type D. (Méthode conventionnelle)

# Remarques :

- Les disjoncteurs du type B dont les valeurs de déclenchement sont comprises entre 3 et 5  $I_{\rm R}$
- Les disjoncteurs du type C dont les valeurs de déclenchement sont comprises entre 7 et 10 l<sub>n</sub> (chapitre 20.)

## Note:

 Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3. appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28.

Section nominale des conducteurs en cuivre					Cou	rant de	fonct	ionnem (A)	nent in	stanta	né I <sub>m</sub>				
(mm²)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800
1,5	148	117	92	74	59	46	37	30	23	18	15	13	12	11	9
2,5	246	195	154	123	99	77	62	49	38	31	25	22	19	18	15
4	294	313	246	197	158	123	99	79	62	49	39	35	31	28	2
6		470	370	296	237	185	148	118	92	74	59	53	47	42	3
10				493	395	308	247	197	154	123	99	88	78	70	6
16						494	395	316	247	197	158	141	125	113	9
25								494	386	308	247	220	196	176	15
35										432	345	308	274	247	21
50											470	419	372	335	29
70														494	43
95															
120															
150															
185															
240															
Section nominale des conducteurs en cuivre								ionnem (A)							
Section nominale des conducteurs	875	1000	1120	1250				(A)			né I <sub>m</sub>	6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en cuivre	<b>875</b>	7	6	<b>1250</b>	160	0 200	0 25	(A)				6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)			6		160			(A)	200 4			6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en culvre (mm²)	8	7	6	6 10 16	160	7	0 25	(A)	6	000		6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)	8	7 12	6	6	160	7 2 1	0 <b>25</b> 6	(A)	200 4			6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4	8 14 22	7 12 20	6 11 17	6 10 16	1600	7 2 1 8 1	6 0 5	(A) 00 32	6	000	5000	6300	8000	10000	1250
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4	8 14 22 34 56 90	7 12 20 30 49 79	6 11 17 26 44 70	60 100 160 244 399 63	160	7 2 1 8 1 2 9 3	6 0 5 24 99	(A)  8 12 20 31	6 9 15	7 12 20	6 10 16	8 12	6 10	8	
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10	8 14 22 34 56	7 12 20 30 49	6 11 17 26 44	6 10 16 24 39	160	7 2 1 8 1 2 9 3	6 0 5 24 99	(A)  00 32  8 12 20	6 9	7 12	6 10	8	6		1
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16	8 14 22 34 56 90	7 12 20 30 49 79	6 11 17 26 44 70	60 100 160 244 399 63	1600	7	6 0 55 24 39 52	(A)  8 12 20 31	6 9 15	7 12 20	6 10 16	8 12	6 10	8	1 1
Section nominale les conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25	8 14 22 34 56 90 141	7 12 20 30 49 79 123	6 11 17 26 44 70	66 10 16 24 39 63 99	1600 11. 11. 13. 44. 77. 10.	7 22 11 88 11 22 99 33 77 68 88 88	6 0 5 24 89 82 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86 86	(A)  8 12 20 31 49	6 9 15 25 38	7 12 20 31	6 10 16 25	8 12 20	6 10 15	8 12	1 1 1
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35	8 14 22 34 56 90 141 197	7 12 20 30 49 79 123 173	6 11 17 26 44 70 110 154	60 10 16 24 39 63 99 138	1600 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 2 1 8 1 2 9 3 7 6 8 8 6 11	6 0 25 6 6 6 6 7	(A)  8 12 20 31 49 69 94	6 9 15 25 38	7 12 20 31 43	6 10 16 25 34	8 12 20 27	6 10 15 21	8 12 17	1 1 1
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50	8 14 22 34 56 90 141 197 268	7 12 20 30 49 79 123 173 235	6 11 17 26 44 70 110 154 209	6 10 16 24 39 63 99 138	1600 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 22 11 88 11 29 33 7 68 88 88 66 11 66 17	6 0 55 24 89 62 66 7 7 73 1	(A)  8 12 20 31 49 69 94 38	6 9 15 25 38 54 73 108	7 12 20 31 43 59	6 10 16 25 34 47	8 12 20 27 37	6 10 15 21 29	8 12 17 24	1 1 1 2
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70	8 14 22 34 56 90 141 197 268	7 12 20 30 49 79 123 173 235 345	6 11 17 26 44 70 110 154 209 308	6 10 16 24 39 63 99 138 187 276	1600 1 1 1 1 1 3 3 4 4 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 2 1 8 1 2 9 3 7 6 8 8 6 11 6 17 3 2 3	6 0 25 6 6 7 7 7 14 1 1	(A)  8 12 20 31 49 69 94 38 1 88 1	6 9 15 25 38 54 73 108 146	7 12 20 31 43 59 86	6 10 16 25 34 47 69	8 12 20 27 37 55	6 10 15 21 29 43	8 12 17 24 35	11/1 11/1 22/3 3
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	8 14 22 34 56 90 141 197 268	7 12 20 30 49 79 123 173 235 345	6 11 17 26 44 70 110 154 209 308	60 100 166 244 399 633 999 1388 1877 2766 375	1600 1 1 1 1 1 3 3 4 4 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 2 1 8 1 1 2 9 3 7 6 8 8 8 6 11 1 6 17 3 2 3 0 2 9	6 0 5 24 89 82 86 7 7 83 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(A)  8 12 20 31 49 69 94 38 1 37 1	6 9 15 25 38 54 73 08 46 185	7 12 20 31 43 59 86 117	6 10 16 25 34 47 69 94	8 12 20 27 37 55 74	6 10 15 21 29 43 59	8 12 17 24 35 47	1250 10 11 12 22 33 44 5
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	8 14 22 34 56 90 141 197 268	7 12 20 30 49 79 123 173 235 345	6 11 17 26 44 70 110 154 209 308	60 100 166 244 399 633 999 1388 1877 2766 375	1600 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7 2 11 2 19 3 3 7 6 6 11 1 6 17 3 2 3 2 9 0 2 9	6 0 25 6 6 7 7 7 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(A)  8 12 20 31 49 69 94 38 1 88 1 57 2	6 9 15 25 38 54 73 108 146 185 201	7 12 20 31 43 59 86 117	6 10 16 25 34 47 69 94 118	8 12 20 27 37 55 74 94	6 10 15 21 29 43 59 74	8 12 17 24 35 47 59	11/11/11/11/11/11/11/11/11/11/11/11/11/

Fig. 35 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs à usage général.

(Méthode conventionnelle)

Note: Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3. appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28

		15-100 (§ 413.1.1.1.) impos hase et conducteur de prote	-				_				
	SCHÉMA TN	Tension nominale de l'i	nstalla	tion			Temps	de c	oupure I <sub>n</sub>	(S)	
		<i>U</i> <sub>o</sub> (V)				U <sub>L</sub> =	50 V		U	= 25	٧
		120, 127				0	8			0,35	
		220, 230				0	.4			0,20	
		380, 400				0	2			0,06	
		> 400				0	1			0,02	
		Fig. 36 – Temps de coupur	e du co	urant	de défa	ut I <sub>d</sub> e	n sché	ma TN.			
		PROTECTION PAR FUS $t_1 : \text{temps de}$ $t_0 : \text{temps de}$ PROTECTION PAR DIS. $l_m \le l_d$ $l_d : \text{courant de}$	fusion coupui IONCT couran	du fus e pre EUR assu	scrit ta :  rant le	bleau fonction	Fig. 36	<b>5</b> .		u disjo	oncteur.
	SCHÉMA TT	La protection est assuré	e par d	es dis	spositife	s à co	urant c	liffére	ntiel-résid	uel /∆n	
		/ <sub>Δn</sub> (A)	20	10	5	3	1_	0,5	0,3	0,1	≤ 0,03
		Résistance de la prise de terre des masses $(\Omega)$	2,5	5	10	17	50	100	167	500	> 500
6.1.10. PROTECTION		Fig. 37 – Valeurs maximale	s de la	prise	de terre	e des r	nasses	en for	nction de l	ın•	
CONTRE LES CONTACTS		Si une sélectivité est jug 1 s est admis dans les c								u plus	égal à
INDIRECTS	SCHÉMA IT	Tension nominale de l'in	a dia lia	ion		1	Temps	de co	oupure to	(s)	
		U/U <sub>o</sub> (V)	istalia	IIOII	Neuti	re nor	distri	ibué	Neutr	e dist	
					U <sub>L</sub> =	50 V	U <sub>L</sub> =	25 V	$U_{\rm L} = 50$	V U	_ = 25 V
		127/120			0,8	В	0,	4	5		1
		220/380 - 230/40	00		0,4	4	0,	2	0,8	1	0,5
		400/690			0,2	2	0,	06	0,4	-	0,2
		580/1000			0,	1	0,	02	0,2		0,08
		Flg. 38 - Temps de coupun	du co	urant	de défa	ut I <sub>d</sub> e	n schéi	na IT.			
		L'impédance de neutre limite le courant l <sub>d</sub> au p	remier	défau	ut évita	nt la c	oupure	des	circuits.	l'insta	ıllation)
		- Le temps de coupure t	s'ente	end a	l'appar	ition c	run de	uxiem	ne detaut.		
	<ul> <li>Les longueurs</li> <li>m = 1, U<sub>L</sub> = 50</li> <li>Types de prote</li> <li>Fusible gG -</li> <li>Fusible aM -</li> <li>Disjoncteurs</li> </ul>	→ Fig. 39 → Fig. 39 type B → Fig. 40 ditions autres que celles	vec / Di – Di – Di	bleau: $n = \frac{3}{5}$ sjonet sjonet	teurs ty	rpe C rpe D usage	4 sont of the son	donné 41 42 ral →	es pour u	n sché	ema TN,

Section nominale des conducteurs en cuivre						Coura	ant as	signé	des	coup (A)	e-circ	uit à 1	usibl	es gG	1				
(mm²)	16	20	25	32	40	50	63	90	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100
1,5	35	31	23	18	15	11	9	7	5,5	4	3								
2,5	59	51	39	30	25	19	15	12	9	7	5,5	4	3						
4	95	82	62	49	40	30	25	19	15	11	9	7	5	4	3				
6	142	123	94	73	60	45	37	29	22	17	13	10	8	6	4,5	3			
10	237	206	156	122	100	75	62	49	37	29	22	17	13	9,5	8	5,5	4		
16	379	329	250	195	160	120	99	78	59	46	36	27	21	15	12	9	6	5	4
25	592	515	391	305	250	188	155	122	93	72	56	42	32	24	19	13	10	8	6
35	830	720	547	428	350	263	217	171	130	101	78	59	46	34	27	19	13	11	8,5
50	1185	1029	782	611	501	376	310	244	186	145	112	85	65	48	39	27	19	15	12
70	1660	1440	1095	855	702	526	434	342	260	203	156	119	91	67	55	38	27	22	17
95	2250	1955	1486	1161	953	714	590	464	354	275	212	161	124	92	74	52	37	30	23
120	2845	2470	1877	1466	1203	902	745	586	447	348	268	204	156	116	94	65	29	37	29
150			2127	1662	1364	1023	844	665	506	394	304	231	177	131	106	74	63	42	33
185				1809	1484	1113	919	723	551	429	331	251	193	143	116	80	57	46	36
240					1805	1354	1117	880	670	521	402	306	235	174	140	98	70	56	44
300						1579	1303	1027	782	608	469	357	274	203	164	114	82	66	51
400																			
nominale						C		oland	doo		o oiro	i+ à 4	ldiau	00 01					
en cuivre						Coura	ant as	signé	des	coup (A)	e-circ	uit à 1	usibl	es alv	•				
	16	20	25	32	40	50	63	90	100		e-circ	uit à 1	usibl 250	es alv	400	500	630	800	1000
en cuivre (mm²)	28	23	18	14	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>63</b>	90	100	(A)	160					500	630	800	1000
en culvre (mm²) 1,5 2,5	28	23	18	14	<b>40</b> 11 19	<b>50</b> 9 15	<b>63</b> 7 12	<b>90</b> 6	100 4,5 7,5	(A) 125	160	200	250			500	630	800	1000
en culvre (mm²) 1,5 2,5	28	23 38 60	18 30 48	14 24 38	40 11 19 24	<b>50</b> 9 15	63 7 12 15	90 6 9	100 4,5 7,5	(A) 125 6 10	160 5 7,5	<b>200</b>	<b>250</b>	315	400	500	630	800	1000
en culvre (mm²) 1,5 2,5	28	23 38 60 90	18 30 48 72	14 24 38 56	40 11 19 24 45	50 9 15 19 36	63 7 12 15 29	90 6 9 12 22	100 4,5 7,5 12 18	(A) 125 6 10 14	5 7,5	6 9	<b>250</b> 5 7	315	400			800	1000
(mm²) 1,5 2,5 4 6	28 47 75 113	23 38 60 90 150	18 30 48 72 120	14 24 38 56 94	40 11 19 24 45 75	50 9 15 19 36 60	63 7 12 15 29 48	90 6 9 12 22 37	100 4,5 7,5 12 18 30	(A) 125 6 10 14 24	5 7,5 11	6 9	250 5 7	315 6 9,5	<b>400</b> 4,5 7,5	6	5		1000
en culvre (mm²) 1,5 2,5 4 6 10	28 47 75 113 188 300	23 38 60 90 150 240	18 30 48 72 120	14 24 38 56 94 150	40 11 19 24 45 75 120	50 9 15 19 36 60 96	63 7 12 15 29 48 76	90 6 9 12 22 37 59	100 4,5 7,5 12 18 30 48	(A) 125 6 10 14 24 38	5 7,5 11 19 30	6 9 15 24	5 7 12 19	6 9,5 15	4,5 7,5 12	6 10	5 7,5	6	
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25	28 47 75 113 188 300 470	23 38 60 90 150 240 376	18 30 48 72 120 192 300	14 24 38 56 94 150 235	40 11 19 24 45 75 120 188	50 9 15 19 36 60 96	63 7 12 15 29 48 76 119	90 6 9 12 22 37 59 93	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75	(A) 125 6 10 14 24 38 60	5 7,5 11 19 30 47	6 9 15 24 38	5 7 12 19 30	6 9,5 15 24	4,5 7,5 12	6 10 15	5 7,5 12	6 9,5	7,5
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35	28 47 75 113 188 300 470 658	23 38 60 90 150 240 376 526	18 30 48 72 120 192 300 421	14 24 38 56 94 150 235 329	40 11 19 24 45 75 120 188 263	50 9 15 19 36 60 96 150 210	63 7 12 15 29 48 76 119 167	90 6 9 12 22 37 59 93 130	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75	(A) 125 6 10 14 24 38 60 84	5 7,5 11 19 30 47 66	6 9 15 24 38 53	5 7 12 19 30 42	6 9,5 15 24 33	4,5 7,5 12 19 26	6 10 15 21	5 7,5 12	6 9,5	7,5
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50	28 47 75 113 188 300 470 658 940	23 38 60 90 150 240 376 526	18 30 48 72 120 192 300 421 602	14 24 38 56 94 150 235 329 470	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238	90 6 9 12 22 37 59 93 130	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105	(A)  125  6  10  14  24  38  60  84  120	5 7,5 11 19 30 47 66 94	6 9 15 24 38 53 75	5 7 12 19 30 42 60	6 9,5 15 24 33 48	4,5 7,5 12 19 26 38	6 10 15 21 30	5 7,5 12 17 24	6 9,5 13	7,5 10
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210	6 10 14 24 38 60 84 120 168	5 7,5 11 19 30 47 66 94 132	200 6 9 15 24 38 53 75	250 5 7 12 19 30 42 60 84	6 9,5 15 24 33 48 67	4,5 7,5 12 19 26 38 53	6 10 15 21 30 42	5 7,5 12 17 24 33	6 9,5 13 19 26	7,5 10 15 21
en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	28 47 75 113 188 300 470 658 940	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053 1429	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210 286	6 10 14 24 38 60 84 120 168 229	5 7,5 11 19 30 47 66 94 132	6 9 15 24 38 53 75 105 143	5 7 12 19 30 42 60 84	6 9,5 15 24 33 48 67 91	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71	6 10 15 21 30 42 57	5 7,5 12 17 24 33 45	6 9,5 13 19 26 36	7,5 10 15 21 29
en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658 893 1128	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572 722	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453 572	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354	100 4.5 7.5 12 18 30 48 75 105 150 210 286 361	6 10 14 24 38 60 84 120 168 229 289	5 7,5 11 19 30 47 66 94 132 179 226	6 9 15 24 38 53 75 105 143	5 7 12 19 30 42 60 84 114	6 9,5 15 24 33 48 67 91	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71	6 10 15 21 30 42 57 72	5 7,5 12 17 24 33 45	6 9,5 13 19 26 36 45	7,5 10 15 21 29 36
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053 1429	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658 893 1128	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714 902	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572 722 818	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453 572 649	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354 447 506	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210 286 361 409	(A)  125  6  10  14  24  38  60  84  120  168  229  289  327	160 5 7,5 11 19 30 47 66 94 132 179 226 256	200 6 9 15 24 38 53 75 105 143 180 205	5 7 12 19 30 42 60 84 114 144 164	315 6 9,5 15 24 33 48 67 91 115 130	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71 90	6 10 15 21 30 42 57 72 82	5 7,5 12 17 24 33 45 57 65	6 9,5 13 19 26 36 45 51	7,5 10 15 21 29 36 41
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053 1429	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658 893 1128	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714 902 1023	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572 722 818 890	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453 572 649 706	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354 447 506 551	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210 286 361 409 445	(A)  125  6  10  14  24  38  60  84  120  168  229  289  327  356	160 5 7,5 11 19 30 47 66 94 132 179 226 226 278	200 6 9 15 24 38 53 75 105 143 180 205 223	250 5 7 12 19 30 42 60 84 114 144 164 178	6 9,5 15 24 33 48 67 91 115 130	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71 90 102	6 10 15 21 30 42 57 72 82 89	5 7,5 12 17 24 33 45 57 65	6 9,5 13 19 26 36 45 51	7,5 10 15 21 29 36 41 45
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185 240	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053 1429	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658 893 1128	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714 902 1023 1113 1354	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572 722 818 890 1083	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453 572 649 706 858	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354 447 506 551 670	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210 286 361 409 445 541	(A)  125  6 10 14 24 38 60 84 120 168 229 289 327 356 433	160 5 7,5 11 19 30 47 66 94 132 179 226 256 278 338	200 6 9 15 24 38 53 75 105 143 180 205 223 271	5 7 12 19 30 42 60 84 114 144 164 178 217	6 9,5 15 24 33 48 67 91 115 130 141 172	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71 90 102 111 135	6 10 15 21 30 42 57 72 82 89 108	5 7,5 12 17 24 33 45 57 65 70 86	6 9,5 13 19 26 36 45 51 56 68	15 21 29 36 41 45 54
en culvre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120 150 185	28 47 75 113 188 300 470 658 940 1316	23 38 60 90 150 240 376 526 752 1053 1429	18 30 48 72 120 192 300 421 602 842 1143	14 24 38 56 94 150 235 329 470 658 893 1128	40 11 19 24 45 75 120 188 263 376 526 714 902 1023	50 9 15 19 36 60 96 150 210 300 421 572 722 818 890	63 7 12 15 29 48 76 119 167 238 334 453 572 649 706	90 6 9 12 22 37 59 93 130 186 260 354 447 506 551	100 4,5 7,5 12 18 30 48 75 105 150 210 286 361 409 445	(A)  125  6  10  14  24  38  60  84  120  168  229  289  327  356	160 5 7,5 11 19 30 47 66 94 132 179 226 226 278	200 6 9 15 24 38 53 75 105 143 180 205 223	250 5 7 12 19 30 42 60 84 114 144 164 178	6 9,5 15 24 33 48 67 91 115 130	4,5 7,5 12 19 26 38 53 71 90 102	6 10 15 21 30 42 57 72 82 89	5 7,5 12 17 24 33 45 57 65	6 9,5 13 19 26 36 45 51	7,5 10 15 21 29 36 41 45

Fig. 39 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles.

Note: Pour des conditions d'utilisation différentes appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 43.

Section nominale des conducteurs en cuivre		Cou	ıran	t as	sigı	né d	es (A)		onc	teur	s ty	pe E	3	Section nominale des conducteurs en cuivre	C	oura	ant a	assi	gné	des	dis	jon	cte	urs	type	C	A)
(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	12
1,5	204	123	94	77	61	49	38	31	25	19	15	12	10	1,5	102	61	47	38	31	25	19	15	12	10	8	6	
2,5	341	204	157	128	102	82	64	51	41	32	26	20	16	2,5	170	102	79	64	51	41	32	26	20	16	13	10	
4	545	327	252	204	164	131	102	82	65	52	41	33	26	4	273	164	126	102	82	65	51	41	33	26	20	16	1
6	818	491	377	307	245	196	153	123	98	78	61	49	39	6	409	246	189	153	123	98	77	61	49	39	31	25	2
10	-	818	629	511	409	327	256	204	164	130	102	82	65	10	681	409	315	256	204	164	128	102	82	65	51	41	3
16	-	-	-	818	654	523	409	327	262	208	164	131	105	16	-	654	503	409	327	262	204	164	131	104	82	65	
25	-	-	-	-	-	818	639	511	409	325	256	204	164	25	-	-	786	639	511	409	319	256	204	162	128	102	8
35	-	-	-	-	-	-	894	716	572	454	358	286	229	35	-	-	-	894	716	572	447	358	286	227	179	143	11
50	-	-	-	-	-	-	-	-	777	617	485	389	311	50	-	-				777	607	485	389	309	243	194	15
des onducteurs en cuivre		Cou	ıran	t as	sigr	né d	(A)		onct	eur	s ty	pe [	)	Tension de l'insta				U	L = !	50 V		U <sub>L</sub> =	25		Disjo	ncte	ПL
(mm²)	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	Schéma TN :		U <sub>o</sub> =	120 230		0,6	0		0,	50 84			0,52 1,00	
1,5	51	31	24	19	15	12	10	8	6	5	4	3	2				400 580		1,4 1,7				03 19			1,73 2,52	
2,5	85	51	39	32	26	20	16	13	10	8	6	5	4	Schéma IT : sans neutre		U=	230	-	0,5		$\dagger$		49			0,50 0,86	_
4	136	82	63	51	41	33	26	20	16	13	10	8	7	Sans neutre			690 1000		1,2	5		0,	95 06			1,50 2,17	
6	204	123	94	77	61	49	38	31	25	19	15	12	10														
10	341	204	157	128	102	82	64	51	41	32	26	20	16	Schéma IT : U avec neutre :	/U=	230	/220 /400 /690		0,4 0,6 0,8	0		0,	.33 .53 .73		(	0,26 0,50 0,86	
16	545	327	252	204	164	131	102	82	65	52	41	33	26			580/	1000		1,0	6		0,	84			1,26	
25	852	511	393	319	256	204	160	128	102	81	64	51	41	<i>m</i> = 1 → 1			-	ę;		5.0		29 p/	our fi	ueible	es g(	3	
35	-	716	550	447	358	286	224	179	143	114	89	72	57	$m = 2 \rightarrow 0,67$ $m = 3 \rightarrow 0,50$				31	9 -	00					es al		
50		-	747	607	485	389	303	243	194	154	122	97	78					Alu	ımin	ium -	→ 0,	62					
	ripha	sée gées	s 23	0/40 ntre	0 V e	ales en so conta	chén acts	na Th indii	V (m rects	= 1)		าร		Fig. 4			teurs U <sub>L</sub>								TN		

Section nominale des conducteurs en cuivre				Cour	ant de	fonctio	nneme	ent ins (A)	tantan	é de d	lisjonct	eur / <sub>m</sub>			
(mm²)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800
1,5	103	81	64	51	41	32	25	20	16	13	3 10	) 9	8	7	6
2,5	171	136	107	85	68	53	42	34	26	21	17	15	13	12	10
4	274	217	171	137	109	85	68	54	43	34	27	24	21	19	17
6	410	326	256	205	164	128	102	82	64	51	41	36	32	29	25
10			427	342	273	214	171	137	107	85	68	6	54	49	42
16					438	342	274	219	161	137	109	97	87	78	68
25							428	342	267	213	171	152	135	122	107
35		181						479	374	299	239	214	190	171	150
50										406	325	290	258	232	203
70											479	427	380	342	299
95														464	406
120															
150															
												1	_		
185															
240															
Section nominale des conducteurs en cuivre				Cour	ant de	fonctio	nneme	ent inst	tantan	é de d	isjonct	eur I <sub>m</sub>			
Section nominale des conducteurs	875	1000	1120	Cours				(A)		é de d	isjonct	eur <i>I</i> <sub>m</sub>	8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre	<b>875</b>	1000	1120					(A)					8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)			1120		1600			(A)					8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)	6	5		1250	1600	200		(A)					8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)	6	5	8	<b>1250</b>	1600	<b>200</b>	7	(A)					8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4	6 10 16	5 8 14	8 12	<b>1250</b> 7	1600	5 8 1	7	(A) 00 32	200 4	0000			8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6	6 10 16 23	5 8 14 20	8 12 18	7 11 16	1600	5 8 3 1 1 1	7 00 77	(A) 32 5 8	6	5	5000	6300	8000	10000	12500
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10	6 10 16 23 39	5 8 14 20 34	8 12 18 30	7 11 16 27	1600	5 8 1 1 1 4 2	7 0 0 7 7 7 7 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(A)  5  8  14	6	5 8	7	<b>6300</b>			
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16	6 10 16 23 39 62	5 8 14 20 34 55	8 12 18 30 49	7 11 16 27	1600 1500 1500 1500 1500 1500 1500 1500	5 8 3 1 1 1 4 2 3 4	77 00 77 23 3 3 3	(A)  5  8  14	6 10	5 8 13	7 11	<b>6300</b> 5 8	7	5	7
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25	6 10 16 23 39 62 98	5 8 14 20 34 55 85	8 12 18 30 49 76	7 11 16 27 44 68	1600 1 1600 1 13 2 2 3 5 5 7	5 8 3 1 1 1 4 2 3 4 4 5 8 8	7	(A)  5 8 14 21 34	6 10 17 27	5 8 13 21	7 11 17	5 8 13	7 10	5 8	77 99
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35	6 10 16 23 39 62 98 136	5 8 14 20 34 55 85	8 12 18 30 49 76 107	7 11 16 27 44 68 96	1600 1 1600 1 1 1 2 2 3 5 5 7 9 10	5 8 1 1 1 4 2 3 4 5 8 1 8 8 1 8	7 0 7 2 3 3 3 0 4 1 0 0 1	(A) 32 5 8 114 221 334 448 665	6 10 17 27 37	5 8 13 21 30	7 11 17 24	5 8 13	7 10 15	5 8 12	77 9 12 19
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50	6 10 16 23 39 62 98 136 185	5 8 14 20 34 55 85 120	8 12 18 30 49 76 107 145	77 111 166 27 44 68 96	1600 1 1600 1 13 2 2 3 5 5 7 7 10 1 150	5 8 3 1 1 1 4 2 3 4 4 5 8 8 1 8 5 8 1 8 1 2 0 12	7	(A)  5 8 114 221 334 48 655	6 10 17 27 37 50	5 8 13 21 30 40	7 11 17 24 32	5 8 13 19 26	7 10 15 20	5 8 12	7 9 12 19
240  Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70	6 10 16 23 39 62 98 136 185 274	5 8 14 20 34 55 85 120 162 239	8 12 18 30 49 76 107 145 214	7 11 16 27 44 68 96 130	1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 110	5 8 1 1 4 2 3 4 5 8 1 8 1 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	7	(A)  5 8 14 21 34 48 65 96 30 1	6 10 17 27 37 50 75	5 8 13 21 30 40	7 11 17 24 32 48	5 8 13 19 26 38	7 10 15 20 30	5 8 12 16 24	7 9 12
240  Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95	6 10 16 23 39 62 98 136 185 274	5 8 14 20 34 55 85 120 162 239 325	8 12 18 30 49 76 107 145 214	77 111 166 27 44 68 96 130 191 260	1600 1600 11: 2 2 3- 55: 7: 10: 15: 20: 25:	5 8 3 1 1 1 4 2 3 4 4 5 8 1 8 0 12 3 16 6 20	77	(A)  5 8 114 21 34 48 65 96 30 1 64 1	6 10 17 27 37 50 75 01	5 8 13 21 30 40 60 81	7 11 17 24 32 48 65	5 8 13 19 26 38 41	7 10 15 20 30 40	5 8 12 16 24 32	7 9 12 19 26
240  Section nominale des conducteurs en cuivre (mm²)  1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120	6 10 16 23 39 62 98 136 185 274	5 8 14 20 34 55 85 120 162 239 325 410	8 12 18 30 49 76 107 145 214 290 366	77 111 166 277 44 688 966 1300 191 2600 328	1600 1600 113 2 2 3 5 5 7 7 10 150 200 250 279	5 8 1 1 1 4 2 2 3 4 4 5 8 8 1 1 8 2 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	7	(A)  5 8 14 21 34 48 65 96 30 1 78 1	6 10 17 27 37 50 75 01 28	5 8 13 21 30 40 60 81 102	7 11 17 24 32 48 65 82	5 8 13 19 26 38 41 65	7 10 15 20 30 40 51	5 8 12 16 24 32 41	77 99 122 199 266 333

Fig. 44 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs à usage général.

Note: Pour des conditions d'utilisation différentes appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 43.

## • CHUTE DE TENSION EN LIGNE ADMISE PAR LA NFC 15-100 (§ 525).

Les chutes de tension sont déterminées d'après les puissances absorbées par les appareils d'utilisation, en appliquant le cas échéant les facteurs de simultanéité  $K_s$ , Fig. 7 ou, à défaut, d'après les valeurs des courants d'emploi  $I_b$  (§ 6.1.3.).

TYPE DE RACCO	RDEMENT	ÉCLAIRAGE	AUTRES USAGES
A. Installations alimentées directement par le réseau de distribution public BT.	Utilisations normales	3 %	5 %
	L > 100 m (majoration ≤ 0,5 %)	0,005 %/m	0,005 %/m
	Démarrage des moteurs $(I_d \le 6 I_n)$	-	≤ 10 %
B. Installations alimentées par un poste de livraison ou un poste de transforma-	Utilisations normales	6 %	8 %
tion à partir d'un réseau HT.	Démarrage des moteurs (I <sub>d</sub> ≤ 8 I <sub>n</sub> )	-	≤ 15 %
	L > 100 m (majoration ≤ 0,5 %)	0,005 %/m	0,005 %/m

6.1.11. CHUTE DE TENSION DANS LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

Fig. 45 - Chute de tension admise en ligne en % de la tension nominale d'alimentation.

# • DÉTERMINATION DE LA CHUTE DE TENSION

# - Conditions d'utilisation :

 La chute de tension u maximale est donnée par la relation :

 $u_{\text{max}} = U \frac{\Delta u}{100}$ 

u : chute de tension en V

 $\Delta u$ : chute de tension en % (Fig. 45)

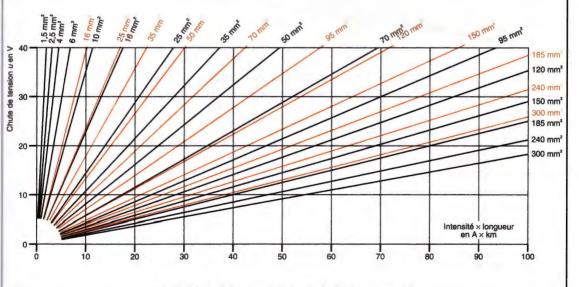
 U : tension entre phases en triphasé, entre phase et neutre en monophasé

- La chute de tension obtenue Fig. 46, 47 et 48 est donnée en triphasé. Pour obtenir la chute de tension en monophasé, multiplier les valeurs de u par 1,15.
- Les courbes rouges correspondent à des âmes en cuivre.
   Les courbes noires correspondent à des âmes en aluminium.

# - Type de fonctionnement :

- Circuit triphasé 50 Hz cos  $\varphi$  = 0,9 → Fig. 46
- Circuit triphasé 50 Hz  $\cos \varphi = 0.8$   $\rightarrow$  Fig. 47 (Cas usuels, en l'absence d'indications plus précises)
- Circuit triphasé 50 Hz  $\cos \varphi = 0.35 \rightarrow Fig.48$  (Démarrage des moteurs, mise sous tension des transformateurs à vide)

 ${\cal S}$  en  $\rm mm^2.$  En noir : âme en cuivre. En rouge : âme en aluminium.





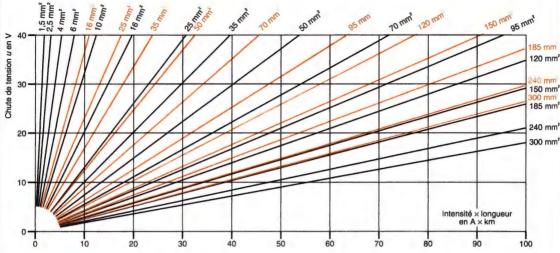
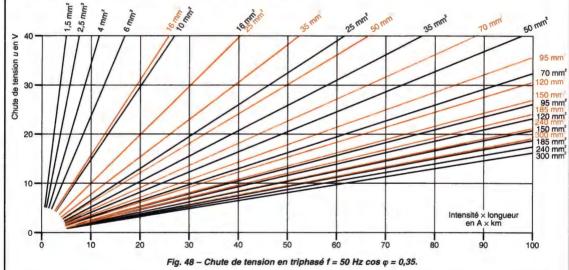


Fig. 47 – Chute de tension en triphasé f = 50 Hz  $\cos \varphi = 0.8$ .





# Exemple :

- Alimentation d'un moteur triphasé 10 kW. 400 V. 50 Hz

L = 100 m.  $\cos \varphi$  = 0,8. Alimentation directe par réseau BT. Câble 3 × 4 mm² cuivre.  $l_{\rm d}$  = 60 A.  $\cos \varphi_{\rm d}$  = 0,3.

- La Fig. 1 § 6.1.3. donne  $I_n = 23$  A.

 $-\Delta u$  maxi au régime nominal → 400 × 5/100 = 20 V  $\Delta u$  maxi au démarrage → 400 × 10/100 = 40 V

-1.L nominal  $\rightarrow 23 \times 0.1 = 2.3 A . km$ 

- I. L au démarrage → 60 . 0,1 = 6 A . km

La courbe Fig. 47 donne u = 18 V pour I. L = 2,3 A. km et  $S = 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ 

La courbe Fig. 48 donne u = 21 V pour I. L = 6 A. km et  $S = 4 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ 

Le câble 3 x 4 mm² donne une chute de tension inférieure aux limites prescrites par la norme (Fig. 45). Il est possible de déterminer la section des conducteurs S mini à partir de l. L et u maxi.

	• a/ PRIX DE LA LIAISON	E = p' + pL + qLS		se et achat des accessoires)					
	ÉLECTRIQUE E	C'est le coût d'établis- sement de la liaison électrique.	du conduit)						
	• b/ FACTEUR D'AMORTISSE- MENT A	$A = \frac{(1+t)^N - 1}{t(1+t)^N}$	A : facteur d'amortissemen N : nombre d'années d'amo t : taux d'intérêt N et t sont donnés par des t	ortissement					
- 1-1-1-1	• c/ PERTES EN LIGNE ET COÛT D'EXPLOITA- TION	$F = \frac{n \varrho L  l_q^2  h  c}{S  10^3} A$	F: prix total d'exploitation e n: nombre de conducteurs g: résistivité du métal cond L: longueur de la liaison el	actifs de la liaison ducteur en $\Omega$ . $\text{mm}^2/\text{km}$ n km					
	F	C'est le coût d'exploi- tation de la liaison électrique.	<ul> <li>l<sub>q</sub>: intensité à transporter et</li> <li>h: nombre d'heures de set</li> <li>c: prix de l'énergie électric</li> <li>S: section de l'âme conduc</li> <li>A: facteur d'amortissement</li> </ul>	rvice par an (point <b>d</b> ) jue en €/kWh (point <b>g</b> ) ctrice en mm²					
	• d/ RÉGIME DE MARCHE ET RÉGIME D'UTILISATION	la liaison électrique (1 a – Le régime d'utilisation	ın = 8 760 h). intervient sur l'intensité à tra	an à pleine charge d'utilisation de nsporter. , il faut tenir compte de l'intensité					
6.1.12. DÉTERMINATION		$l_{q} = \sqrt{\frac{\sum l_{i}^{2} t_{i}}{\sum t_{i}}}$	Méthode approchée $l_q$ : intensité quadratique en $l_i$ : durées des différentes ph $l_i$ : intensité pendant ces pha	ases de fonctionnement					
DE LA SECTION DES CONDUCTEURS So (à partir		Exemple : régime cyclique journalier typique suivant NFC 33-100 $I_n = 100 \text{ A}$ $I_q = \sqrt{\frac{100^2 \times 12 + 50^2 \times 12}{24}} = \sqrt{\frac{100^2 \times 12 + 50^2 \times 12}{24}$							
des conditions économiques)	• e/ COÛT TOTAL DE L'INS- TALLATION	$P = p' + pL + qLS + \frac{n \varrho L  l_q^2  h  c  A}{S  10^3} = E + F  (Points  \mathbf{a}  \text{et }  \mathbf{c})$							
	• f/ SECTION Se (calcul réel)	Ce coût passe par un n	ninimum pour :	Méthode approchée :					
	O <sub>B</sub> (calcul reel)	$S_{\Theta} = I_{Q}$	$\sqrt{\frac{n\varrho \ h \ c \ A}{q \ 10^3}}$	$S_{\rm e} = 2.5 \ \beta \ l_{\rm q} \sqrt{h \ c \ A}$					
	• g/ COÛT DE	de fonctionnement Cuivre: 17,241 $\Omega$ (coefficient de tem Aluminium: 28,264 (coefficient de tem $h$ : nombre d'h/an de s $c$ : prix du kWh en $\in$ ( $A$ : facteur d'amortisse $A = \frac{(1+f)^N-1}{t(1+f)^N}$ $t$ : taux d'intérêt $N$ : nombre d'années of $q$ : constante prix-sect $n$ : nombre de conducélectrique	rter en A (point d) conducteur à la température  mm²/km à 20 °C pérature : a = 3,93 . 10 <sup>-3</sup> )  Ω mm²/km à 20 °C pérature : a = 4,03 . 10 <sup>-3</sup> ) service de la liaison (Point g) ment  d'amortissement ion du câble en ∈ cteurs actifs dans la liaison	S <sub>B</sub> : section économique en mm <sup>2</sup> I <sub>q</sub> : intensité à transporter en A (Point d) h: nombre d'heures de service par an c: prix de l'énergie en € (Point g) A: facteur d'amortissement $A = \frac{(1+f)^N - 1}{t(1+f)^N}$ t: taux d'intérêt N: nombre d'années d'amortissement β: 10 <sup>-2</sup> pour le cuivre β: 1,8. 10 <sup>-2</sup> pour l'aluminium					
	L'ÉNERGIE	<ul> <li>Prix moyen annuel de Exemple : (point h)</li> </ul>	l'énergie tarif vert : 0,04 €/k\ l'énergie tarif jaune : 0,06 €/ écis se reporter au <i>chapitre 2</i>	kWh.					

# · h/ EXEMPLE - Données: - Liaison tripolaire U 1000 R 2V Cu. 23 A . L = 100 m . BT Température de fonctionnement : θ = 65°C - 4500 h de fonctionnement par an $(I_0 = I_n)$ . Abonnement tarif vert. - Taux d'intérêt 18 %. - Solutions: CALCUL APPROCHÉ : CALCUL COMPLET: Amortissement sur une année : Amortissement sur une année : $A = \frac{(1+0.18)^1 - 1}{0.18(1+0.18)^1} = 0.85$ $A = \frac{(1+0,18)^1 - 1}{0,18(1+0,18)^1} = 0,85$ $\beta = 10^{-2}$ (Cuivre) $\varrho_{65^{\circ}} = \varrho_{20^{\circ}} (1 + a \Delta t)$ $\varrho_{65^{\circ}} = 17,241 (1 + 3,93 \cdot 10^{-3} \times 45)$ DÉTERMINATION $S_{\rm p} = 2.5 \cdot 10^{-2} \times 23 \sqrt{4500 \times 0.04 \times 0.85}$ = 20.29 $\Omega$ mm<sup>2</sup>/km DE LA $q = \frac{P_2 - P_1}{S_2 - S_1} (P \text{ prix au km})$ $= 7.11 \text{ mm}^2$ SECTION DES $S_{\rm e} = 6 \, \rm mm^2$ CONDUCTEURS (Section normalisée la plus $S_2 = 3 \times 25 \text{ mm}^2 - P_2 = 3460 \in$ proche par défaut) $S_1 = 3 \times 1.5 \text{ mm}^2 - P_1 = 450 \in$ (Prix § 6.2.4.) $q = (3.460 \in -450 \in) / (25 - 1.5) = 128$ La section calculée par la méthode $S_e = 23 \sqrt{\frac{3 \times 20,29 \times 4500 \times 0,04 \times 0,85}{128 \times 10^3}}$ approchée est moins économique. $= 6,2 \text{ mm}^2 \text{ soit}$ : $S_e = 6 \text{ mm}^2$ (Section normalisée la plus proche par A - DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR NEUTRE So: - Schémas TT, TN-S et IT : Circuits monophasés ou triphasés de section S<sub>Ph</sub> ≤ 16 mm² en cuivre ou S<sub>Ph</sub> ≤ 25 mm² en aluminium - Circuits triphasés de section $S_{Ph} > 16 \text{ mm}^2$ en cuivre ou $S_{Ph} > 25 \text{ mm}^2$ en aluminium. $\rightarrow S_n = S_{Ph}$ ou

- - $\rightarrow S_n < S_{Ph}$  à condition : que l'intensité susceptible de parcourir le neutre soit inférieure au courant admissible dans le conducteur (§ 6.1.6.)
    - que le conducteur neutre soit protégé contre les courts-circuits
    - que la puissance monophasée soit inférieure à 10 % de la puissance totale transportée par la canalisation.

# - Schéma TN-C:

 $-S_n = S_{PEN}$  (point B)

# - Schéma IT :

6.1.13. CONDUCTEURS

> **DE NEUTRE** Sn ET

CONDUCTEURS **DE PROTECTION** Spe

- Il est généralement déconseillé de distribuer le neutre.
- Lorsque cela est nécessaire, appliquer les conditions des schémas TT et TN-S.

## B - DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR DE PROTECTION SPE et Spen:

SECTI	ON Sph (mi	n²)	OFOTION C	OFOTION C	SECTION DES CONDUCTEURS
Méthode	Cuivre	Aluminium	SECTION SPE	SECTION SPEN	entre la prise de terre et la borne principale de terre
	≤ 16	≤ 16	$S^*_{PE} = S_{Ph}$	S <sub>PEN</sub> = S <sub>Ph</sub> avec mini	• $S = \frac{I\sqrt{t^{(1)}}}{I}$ en présence de
SIMPLE		25	$S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$		<i>K</i> <sub>1</sub>
SIMPLE	25 et 35	35		· S <sub>PEN</sub> = S <sub>ph</sub> /2 à S <sub>ph</sub> avec mini	protection mécanique.  • 25 mm² Cu ou 50 mm² Alu
	> 35	> 35	$S_{\rm PE} = S_{\rm Ph}/2$	10 mm <sup>2</sup> Cu-16 mm <sup>2</sup> Alu	sans protection mécanique.
ADIABATIQUE	quelconq	ue	$S_{PE}^{*} = \frac{I\sqrt{t^{(1)}}}{k_1}$		

<sup>\* 2.5</sup> mm<sup>2</sup> mini avec protection mécanique et 4 mm<sup>2</sup> sans protection mécanique si le conducteur de protection ne fait pas partie de la canalisation d'alimentation. (1) § 6.1.8. (B)

Fig. 49 - Section des conducteurs de protection électrique

### 6.2. CÂBLES ET CONDUCTEURS Deux codes sont actuellement en vigueur Ame Gaine interne Armature Gaine HTF Isolant (3) Bourrage (4) Code de conductrice (6) (3) métallique (5) externe (3) Tension de normalisation service (2) Mélange Nature de Symbole de Mélange Construction Composition (1) CENELEC isolant (3) gaine (3) spéciale (7) l'âme (6) l'âme (7) du câble (8) Le code CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrique) remplace progressivement le code UTE. (4) (5) (6) (7) (8) G: matière F: feuillards H: harmonisé 03 300 V caoutchou d'éthylène Pas de code U rigide nb de propylène (EPR) plastique Cuivre massive conducteurs dérive d'un 05 . 500 V OII type harmo-07 750 V R caoutchouc naturel élastique A aluminium R . rigide X . absence 1 1 000 V (Rubber) formant câblée de conducbourrage Pas de code 250 : 250 V 500 : 500 V FNR national polychlorure de vinyle F. souple teur V/J rigide (PVC) 0: aucun Cuivre classe 5 mais liver 1 000:1 000 V G présence une désignabourrage polyéthylène réticulé (PR) S: souple tion interna-K souple de 6.2.1. lionale I: gaine classique conduc-DÉSIGNATION d'assem-A: aluminium (installation teur V/J **DES CÂBLES** II · national N = polychloroprène fixe) blage Néoprène (PCP) formant section des ET DES bourrage H extra souple conducteurs CONDUCTEURS X : caoutchouc vulcanisé classe 6 (mm<sup>2</sup>)X: néoprène (PCP) Construction spéciale : R: polyéthylène réticulé (PR) H: méplat divisible V: (PVC) H2 mépla P: plomb divisible 2 : gaine interne épaisse En noir: norme UTE. En rouge: norme CENELEC. Fig. 50 - Désignation des codes en définition UTE et CENELEC. Exemple: H: harmonisé R : âme rigide câblée 07:750 V H 07 V R 10 : mono-conducteur V : PVC 10 : section de 10 mm<sup>2</sup> Identification du conducteur de protection (PE) : La double coloration d'identification vert-jaune est strictement réservée au conducteur de protection. Identification du conducteur de neutre (N) : Tout conducteur neutre d'un circuit doit être facilement reconnaissable, la couleur bleu clair doit être choisie. - Identification des autres conducteurs : - Circuits de puissance en courant alternatif ou continu : NOIR 6.2.2. - Circuits de commande en courant alternatif : ROUGE - Circuits de commande en courant continu : BLEU DES - Circuits de commande d'interverrouillage courant alternatif ou continu (Note 3) : ORANGE CONDUCTEURS L'utilisation de ce code de couleurs est particulièrement recommandée pour les machines-outils.

**IDENTIFICATION** 

(Code des couleurs d'après EN 60.204)

Note 1: Les conducteurs des circuits de commande, qui sont reliés au circuit de protection ou au neutre, ne doivent normalement pas être identifiés en vert et jaune, ou en bleu pour le courant alternatif. Cependant, la connexion du circuit de commande au circuit de protection doit être identifiée en vert et iaune.

Note 2 : La couleur bleue est recommandée pour les circuits de commande à courant continu ainsi que pour les conducteurs neutres (bleu clair). Pour les deux usages, le même bleu est permis. Une distinction de teinte n'est pas nécessaire car une confusion entre les circuits de puissance et de commande à courant continu est à éviter par d'autres moyens (repérage des bornes).

Note 3 : Les circuits d'interverrouillage sont des circuits alimentés par une source extérieure et qui peuvent rester sous tension quand le dispositif de sectionnement est ouvert.

# 6.2.3. REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

# AFFECTATION DES CONDUCTEURS SUIVANT LA CONSTITUTION DES CIRCUITS

					Cana	alisat	ions	fixes				Ca	nalisa	tions	mot	iles	Légende		
Nombre de conducteurs du circuit	Circuit	Co	nduc	teur	s iso	lés	Câ	bles igide	multi	pola oupl	ires es		Câble	es so	uple	s	Ph : phase Ne : neutre		
		Ph	Ph	Ph	Ne	PE	Ph	Ph	Ph	Ne	PE	Ph	Ph	Ph	Ne	PE	PE : protection		
1	De protection ou de terre					V/J											X : toutes couleurs sauf : - V/J : vert-jaune		
	Monophasé entre phases	X	X				N	BC	(2)			N	BC	(2)			- N : noir - BC : bleu clair		
2	Monophasé entre phase et neutre	Х			BC		N			вс	(2)	N			вс	(2) (4)	- B : brun     (1) Ces exécutions peuvent ne pas correspondre à des câbles		
	Monophasé entre phase et neutre (PEN)	Х			٧	/J	N			V/J(	3)(5)						couramment fabriqués, il y a lieu alors :		
	Triphasé sans neutre	X	X	X			N	В	BC	(1)		N	В	BC	(1)		soit de recourir à des câbles     à 4 ou 5 conducteurs avec V/J		
3	2 phases + neutre	X	Х		BC		N	В		BC	(1)	N	В		BC	(1)	et de ne pas employer ce der- nier :		
	2 phases + conducteur de protection	Х	Х			V/J	N	ВС	(2)	(3)	V/J	В	вс			V/J	<ul> <li>soit de commander spé- cialement un câble approprié s</li> </ul>		
	Monophasé phase-neutre + conducteur de protection	Х			BC	V/J	N	(2)	(3)	ВС	V/J	В			BC	V/J	un lancement particulier er fabrication est justifié. (2) Câble souple à 2 conduc-		
	Triphasé avec neutre	Х	X	X	BC		N	В	N	BC	(1)	N	В	N	BC	(1)	teurs : B-BC ; câble souple à 3 conducteurs B-BC-V/J :		
	Triphasé sans neutre + conducteur de protection	Х	Х	Х		V/J	N	В	ВС	(3)	V/J	N	В	вс		V/J	(3) Si le câble approprié n'est pas disponible, le conducteur		
4	2 phases + neutre + conduc- teur de protection	Х	Х		BC	V/J	N	В	(3)	ВС	V/J	N	В		BC	V/J	de protection est réalisé par ur conducteur vert-jaune séparé un repérage par bague de cou-		
	Triphasé avec conducteur PEN	X	Х	X	V	/J	N	В	BC	V/J (5)	(3)						leur peut également être envi- sagé.		
5	Triphasé + neutre + conduc- teur de protection	Х	Х	Х	BC	V/J	N	В	N	ВС	(3) V/J	N	В	N	вс	V/J	(4) Si le mode de connexior permet de déterminer la posi- tion du conducteur neutre.		
> 5			tion				tion : V/J - Autres co					nducteurs : N avec numé é au conducteur neutre s'i					(5) Câbles rigides de section		

# 6.2.4. GUIDE DE CHOIX DES CÂBLES ET DES CONDUCTEURS

,	No	rme	Â	me	ndie	9			Isolan	t					Prix	au km	(indicati	if)
CÂBLES ET CONDUCTEURS	UTE	CENELEC	R : rigide	S : souple	C1: non propagateur de l'incendie	C <sub>1</sub> : retardant la propagation de la flamme	PR : Polyéthylène réticulé	PVC : Polychiorure de vinyle	SH: Sans halogène	Élastomères	Minéral	P : Câble porteur	Nombre de conducteurs	Sections minimale (mm²) et maximale (mm²)	Prix : 1 (indicatif en ke) tétraconducteurs × 1,25	Section : 1 (triphasé en mm²)	Prix : 2 (indicatif en ke) tétraconducteurs × 1,25	Section : 2 (triphasé en mm²)
U 1 000 R12 N	•	-	•	-		•	•	-	-	_	-	-	1 à 5	1,5 à 630		-		-
U 1 000 R2 V	•		•			•	•						1 à 37	1,5 à 630	0,45	1,5	3,46	25
U 1 000 RVFV	•		•			•	•						1 à 5	1,5 à 300				
U 1 000 RGPFV	•		•			•	•						1 à 5	1,5 à 240	2,55	4	7,05	25
0,6/1 Torsade			•			C3				•		•	3,4	16 à 150				
FRN 1X1X2		•	•		•				•				1 à 5	1,5 630				
FRN 1X161		•	•		•				•				1 à 5	1,5 à 630				
H 07 RN-F		•		•		•				•			2 à 5	1,5 à 500	0,80	1,5	6,50	25
FRN 07 RN-F		•				•				•			7 à 37	1,5 à 4				
FRN 05 VV-U		•	•			•		•					2 à 5	1,5 à 35				
FRN 05 VV-R		•	•			•		•					2 à 5	1,5 à 35				
H 05 VV-F		•		•		•		•	1				2 à 5	0,75 à 2,5				
H 05 VVH2-F		•		•		•		•					2	0,75				
H 05 V-U		•	•			•		•					1	0,5 à 1				_
H 05 V-K				•		•							1	0,5 à 1				
FRN 07 V-AU		•	•			•		•					1	2,6 à 16				
FRN 07 V-AR		•	•			•		•					1	10 à 400	0,15	10	0,39	25
H 07 V-U		•				•		•					1	1,5 à 400	0,09	1,5	0,75	25
H 07 V-R		•	•			•		•					1	1,5 à 400	0,09	1,5	0,75	25
H 07 V-K		•		•		•		•					1	1,5 à 240	0,06	1,5	0,90	25
U 500 X. XV		•	•			CR1					•		1	1,5 à 4				
U 1 000 X. XV		•	•			CR1					•		1	1,5 à 150				

# 6.3. LES CONDUITS

Dernière Lettres Pre lettre médianes le	C C CT S	Composite : (CSA 4421)  Rigide : nécessite un outillage adapté (IRL 3321) Cintrable : généralement flexible (ICA 3321) Cintrable transversalement : élastique (ITCA 3422) Souple : se pose sans problème (CSA 4421)  Lisse : (ICTL 3421) Annelé : CICA 3321)	3421 : Caractéristiques physiques et mécaniques (voir ci-contre)  Protections :  - D'autres lettres, dans la désignation des conduits, indiquent des caractéristiques spécifiques :  A : Résistance aux agents chimiques  P : Non propagateur de la flamme  E : Étanche
Première Deux lettre chiffres	I M	lsolant : matière isolante (IRL 3321) Métallique : appelé aussi acier (MRL 5557)	20 ICTL 3421 20 : Ø extérieur du conduit I : Isolant CT : Cintrable transversalement L : Lisse
× Se.	Dian	nètre extérieur du conduit en mm (Référence)	Exemple de désignation

		1 <sup>er</sup> chi Résista à l'écras	ance		2º chiff Résista aux cho	nce		d	3° chiffre Température minimale 'utilisation et d'installation	ď	4 <sup>e</sup> chiffre Température maximale utilisation et d'installation
es	1	Très léger	125 N	1	Très léger	0,	5 J	1	+ 5 °C	1	60 °C
hiffe	2	Léger	320 N	2	Léger	1	J	2	−5 °C	2	90 °C
9	3	Moyen	750 N	3	Moyen	2	J	3	– 15 °C	3	105 °C
Quatre chiffres	4	Elevé	1 250 N	4	Élevé	6	J	4	−25 °C	4	120 °C
G	5	Très élevé	4 000 N	5	Très élevé	20	J	5	− 45 °C	5	150 °C
		-			-					6	250 °C
		-			-					7	400 °C

Caractéristiques des conduits :

Les conduits propagateurs de la flamme sont repérés par la couleur orange.

Les conduits non propagateurs de la flamme peuvent être de n'importe quelle couleur excepté jaune, orange, rouge et vert.

# 6.3.1. DÉSIGNATION DES CONDUITS

Nature	Anciennes	Nouvelles dési-	Montage	Montage	encastré
des conduits	désignations NF C	gnations NF EN	apparent	Pose avant construction de la maçonnerie (1)	Pose après construction de la maçonnerie (1)
Isolants, cintrables, déformables et transversalement élastiques (1)	ICDG (P) E ICTG (P) E	ICTL-3421 (1) ICTA-3422 (2) IP 44*	Gris : admis en AG1-AG2 Orange :	Admis et doivent être fixés aussitôt mis en place. Sur les planchers en dalle pleine avant coulage de la chape, ne sont admis que	Admis dans des dimensions suffisantes.
(2)	NF C 68-105	EN 50086-2-2	interdit	s'ils sont soustraits aux risques mécaniques.	
Isolants cintrables ordinaires, annelé	ICO 5 PE	ICA-3321 IP 44*	Admis en AG1-AG2	Admis si les conduits sont protégés pendant la construction contre les chocs dommage-	Admis dans des sai- gnées.
	NF C 68-106	EN 50086-2-2	, a. raz	ables et en parcours verticaux.	
Isolants rigides ordinaires	IRO 5 PE	IRL-3321 IP 44/55/67*	Admis en AG1-AG2	Admis si les conduits sont protégés pendant la construction contre les chocs dommage-	Admis dans des sai- gnées.
	NF C 68-107	EN 50086-2-1	7.617.62	ables et en parcours verticaux.	
Métalliques rigides blindés	MRB 9 PE	MRL-5557 IP68*	Admis en AG1-AG2-	Admis et doivent être fixés aussitôt mis en place.	Admis dans des tran- chées de dimensions suffisantes.
	NF C 68-108		AG3-AG4		
Métalliques souples	MSB 7 APE	CSA-4421	Admis en AG1-AG2-	Comme les conduits ICTL et ICTA gris.	Comme les conduits ICTL et ICTA gris.
	NF C 68-109	EN 50086-2-3	AG3		
Enterrés dans le sol	TPC NF C 68-171	IP 55/67* EN 50086-2-4		(1) Restriction de pose porteuses d'épaisseur in	

	CO	NDITIO	NS D'	UTII	LISATIO	N D	ES C	ONI	DUC	TEURS	ISOLÉS	SET	DES CÂE	BLES	
	Désignation	AA	AD →	AE →	AF	AG →	AH	AK	AL →	BB	BC →	BD →	BE →	CA →	CB →
	Câbles isolés	aux éla	stom	ère	3			-							
	U-1000 R12N	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1
	U-1000 R2V	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1
	U-1000 RVFV	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	4	1	2	2	2 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3 (b)	2	1
	U-1000 RGPFV	4-6 (a)	8	4	1-3	4	1	2	2	2 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3 (b)	2	1
	07 RNF	3-6	7 (f)	4	1-3	4	3	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1, 3, 4
	Torsades	1-6	6	4	1-3	1	1	1	1	3	3	4	1	1	1
	Câbles isolés	au PVC								- 4140					
	05 VV-U, R	4-6 (a)	5, 6	4	1-3	2	1	1	1	3 (g)	4 (g)	4	1,2	2	1
	Conducteurs	à isolar	t mir	néral											
	500 X, XV	4-6	8	4	1-3 (d)	4	1	2	2	2, 3 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3	2	1, 2
	1 000 X, XV	3-6	8	4	1-3 (d)	4	1	2	2	2, 3 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3	2	1,2
	со	NDITIO	NS D	'UTI	LISATIO	)N D	ES I	MOU	LUF	RES, CO	NDUITS	SET	GOULOT	TES	
	Moulures														
	- Bois	4, 5, 6	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	- Plastique	4, 5, 6	3	3	1, 2, 3	1	1	1	1	1	3	4	1, 2	2	1
ı	Conduits														
	MRL	1-6	2	4	1	4	1	2	2	1	2	4	1, 2, 3	2	1
	CSA	1-6	2	4	1, 2, 3	3	3	2	2	1	2	4	1, 2, 3	2	1, 3 (c), 4 (c)
	ICTL	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
	ICA	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
	IRL	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
	ICTA	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
	Caulattas	4.5.0	_		4 0 0	_	4		-	0	0	4	4.0	_	

- La canalisation peut être utilisée dans toutes les classes de numéro au plus égal à celui indiqué.
  - (a) Ces câbles peuvent être utilisés dans les autres conditions s'ils ne sont soumis à aucun effort mécanique.

1, 2

1

- (b) Les câbles peuvent être utilisés sous réserve des conditions indiquées dans le tableau 52D.
- (c) Les conducteurs doivent être de la série H07V-K.

4, 5, 6

Goulottes

(d) Si les conducteurs sont revêtus d'une gaine en polychlorure de vinyle.

3 1, 2, 3 2

- (e) Si mise à la terre des revêtements métalliques.
- (f) Durée d'immersion cumulée limitée à deux mois par an.
- (g) Tension nominale d'alimentation par rapport à la terre au plus égale à 250 volts.

6.3.2.
CHOIX DU
TYPE DE
CÂBLE
ET DU
TYPE DE
CANALISATION

Ī	Câbles	Rayon de courbure minimum
	Type RGPFV	8 fois le diamètre extérieur du câble.
	Type FRN 05 VV-U ou R	6 fois le diamètre extérieur du câble.
	Type R 2 V - R 12N	6 fois le diamètre extérieur du câble.
	Type H 07 V U ou R	5 fois le diamètre extérieur du conducteur.

Fig. 50 -	Rayon	de	courbure	des	câbles.
-----------	-------	----	----------	-----	---------

Conduits	Références	16	20	25	32	40	50	63
ICTL – ICA	<ul> <li>Rayon de courbure (mm)</li> <li>Ø intérieur (mm)</li> <li>Section intérieure utile (mm²)</li> </ul>	96 10,7 30	120 14,1 52	150 18,3 88	192 24,3 155	300 31,2 255	480 39,6 411	600 52,6 724
ICTA – ICA	<ul> <li>Rayon de courbure (mm)</li> <li>Ø intérieur (mm)</li> <li>Section intérieure utile (mm²)</li> </ul>	48 10,7 30	60 14,1 52	75 18,3 88	96 24,3 155	160 31,2 255	200 39,6 411	252 52,6 724
IRL	<ul> <li>Rayon de courbure (mm)</li> <li>Ø intérieur (mm)</li> <li>Section intérieure utile (mm²)</li> </ul>	96 13 44	120 16,9 75	150 21,4 120	- 27,8 202	35,4 328	- 44,3 514	- 57,3 860
MHL non filetable	<ul> <li>Rayon de courbure (mm)</li> <li>∅ intérieur (mm)</li> <li>Section intérieure utile (mm²)</li> </ul>	113 14 51	141 18 85	178 22,6 134	29,6 230	- 37,6 370	- 47,6 593	- 60,6 961
MRL filetable	Rayon de courbure (mm)     Ø intérieur (mm)     Section intérieure utile (mm²)	113 13,2 45	141 16,8 74	178 21,8 124	28,8 217	- 36,8 354	- 46,8 573	- 59,4 923
CSA	<ul> <li>Rayon de courbure (mm)</li> <li>Ø intérieur (mm)</li> <li>Section intérieure utile (mm²)</li> </ul>	27 10,7 30	33 14,1 52	43 18,3 88	60 24,3 155	70 31,2 255	90 39,6 411	110 52,6 724
Conducteurs	Sections (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25
H07V-U ou R	- Section totale (isolant compris) mm <sup>2</sup>	8,55	11,9	15,2	22,9	36,3	50,3	75,4
H07V-K	- Section totale (isolant compris) mm <sup>2</sup>	9,6	13,85	18,1	31,2	45,4	60,8	95

Fig. 51 - Rayon de courbures, diamètres intérieurs et sections intérieures utiles des conduits. Section totale (y compris isolant) des conducteurs H07 V - U/R/K.

Les conducteurs H07 V - U/R/K, les câbles unipolaires et multipolaires peuvent être passés dans les conduits à condition de pouvoir être tirés ou retirés facilement et que la somme totale des sections des conducteurs, y compris l'isolant, soit au plus égale au tiers de la section intérieure du conduit (c'est la section utile du conduit). Exemple: Passage dans un conduit de 3 circuits de conducteurs H07 V-U:

 $-1 \text{ circuit } 2 \times 1,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 17,1 \text{ mm}^2 (2 \times 8,55)$ 

- 1 circuit  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  →  $35,7 \text{ mm}^2$  ( $3 \times 11,90$ )
- 1 circuit 3 × 4 mm<sup>2</sup> → 45.6 mm<sup>2</sup> (3 × 15.20)

Section totale: 98,4 mm2

Référence des conduits utilisables : (ICA, ICTL, ICTA) de 32 mm (IRL) de 25 mm.

- Conduits du type rigide (R) : fixation tous les 80 cm.
- Conduits du type cintrable (C) : fixation tous les 60 cm.
- Conduits du type souple (S) : fixation tous les 30 cm.
- Conduits du type cintrale transversalement élastique (CT) : fixation tous les 30 cm.
- Tous les conducteurs situés dans un même conduit doivent être isolés pour la même tension nominale. - Tous les circuits situés dans un même conduit doivent provenir du même appareil de commande et de protection sans interposition d'appareils transformant le courant électrique.
- Les sections des conducteurs de phase doivent être identiques ou ne doivent pas différer de plus d'un double intervalle séparant trois valeurs normales successives.
- Le conducteur de protection doit être isolé de la même façon que les conducteurs actifs correspondants.
- Chaque circuit doit être protégé contre les surintensités.

Dans le cas de câbles posés directement aux parois ou sur corbeaux il faut :

- pour les câbles armés, une fixation ou un support tous les 75 cm.
- pour les câbles non armés, une fixation ou un support tous les 40 cm.
- Sur les parcours verticaux, ces distances peuvent être portées à 1 m.
- Chaque extrémité de conduits métalliques doit être protégée par des embouts du type : (CAPRI) Terminus plastique pour MRL,
- Caprigaine pour CSA nu.
- Judodix pour CSA étanche.
- Chaque extrémité de câble doit être montée dans un presse-étoupe.
- Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

6.3.3. CONDITIONS DE POSE **DES CÂBLES** ET DES CONDUITS

# 6.3.4. MODE DE POSE

Les tableaux 52 B, 52 C de la norme NF C 15-100 indiquent les modes de pose autorisés en fonction :

- du type de conducteur ou du câble,
- du type de fixation ou de canalisation.

Le tableau ci-dessous reprend ces indications.

	MODE	sans fixation	fixation directe	conduits	profilés	moulures plinthes goulottes	chemins de câbles tablettes corbeaux	sur isola- teur	câble porteur
	MODE DE POSE	8	<u></u>		8	& &	000	4	-3
0	conducteurs nus	non	non	non	non	non	non	non	non
5	conducteurs isolés	non	non	oui	oui (1)	oui (1)	non	oui	non
5	© câbles	(2)	oui	oui	oui	oui	oui	(2)	oui
CONDUCTEURS	monoconducteur câbles multiconducteur	oui	oui	oui	oui	oui	oui	(2)	oui
	vides de construction	oui	(2)	oui	oui	non	oui	non	non
	8	21-25 73		22-73 74	23		12-13- 14-16		
2	caniveaux	oui 43	oui 43	oui 41-42	oui 4-24	oui 32-33	oui 12-13- 14-16	non	non
2	enterrés	oui	(2)	oui	oui	non	(2)	non	non
ארוסע	000	62-63		61	61				
5	encastrés dans	non (3)	non (3)	oui	oui	non (3)	(2)	non	non
CES	les structures			1-2-5	24				
MISE EN COVINE DES CANACISATIONS	apparent &	non	oui 11	oui 3	oui 4	oui 31-32- 71-72	oui 12-13- 14-16	oui 18	non
MICE	immergé dans l'eau	à l'étude	à l'étude	(2)	(2)	non	(2)	non	non
-	77777	81	81					- 4	
	aérien	non	non	(2)	non	34	12-13- 14-16	18	17

<sup>(1)</sup> Les conducteurs isolés ne sont admis que si le couvercle nécessite l'emploi d'un outil et que la goulotte possède un degré de protection IP4x ou IPxxD\*. Sinon le câble est obligatoire.

<sup>(2)</sup> Non applicable ou non utilisé en pratique.

<sup>(3)</sup> Seuls les conducteurs blindés et à isolation minérale sont admis.

L'indication d'un numéro dans une case (1... 81) indique la référence du mode de pose (Fig. 12 § 6.1.6.)

Fig. 52 - Mode de pose des canalisations en fonction du type de conducteurs ou câbles.

# 6.4. LES GOULOTTES

# Critère : DIMENSIONNEMENT

### Calcul de la section d'une goulotte

Abaque donné pour câbles H05-V-K et H07 V-K avec coefficient de remplissage 0,75

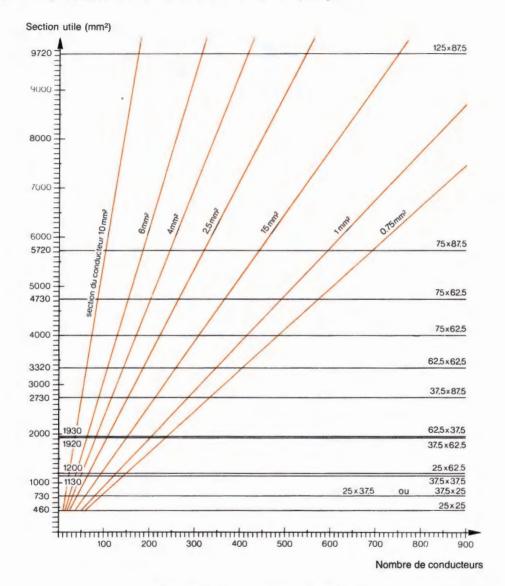


Fig. 53 - Capacité I x h pour goulottes types Lina 25.

# Règles générales :

- Mêmes règles pour les conduits en ce qui concerne les circuits, les tensions et les sections.
- L'encombrement des conducteurs et des câbles doit au plus être égal aux 3/4 de la section intérieure de la goulotte.
- Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

# Exemple :

- Données: 10 conducteurs H07 V-K 6 mm<sup>2</sup>, 100 conducteurs H07 V-K 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Solution : la figure 53 donne :
  - 460 mm<sup>2</sup> pour 10 conducteurs de 6 mm<sup>2</sup>, 1 900 mm<sup>2</sup> pour 100 conducteurs de 2,5 mm<sup>2</sup>; soit un total de 2 360 mm<sup>2</sup>;
  - la goulotte à retenir aura une capacité de 62,5 mm × 37,5 mm.

Critère	AMR	ANCE

Légende : TB : très bonne tenue

M : déconseillé

Guide de choix

B : bonne tenue P : possible

O: possible mais inutile

6.5.1. **CHOIX DU** TYPE DE CHEMINS **DE CÂBLES** 

EXÉCUTIONS		TIONS 1 * tôle acier tôle		4 * alliage alu-	Revêtem	5 Revêtement sur tôle		③ * Aciers inoxydables			
AMBIANCE		galvanisé Sendzimir Z 275	galv à chaud, après fabric	minium IK 08		Sendzimir Epoxy-Ester extérieur	Z8C17 Aisi 430	Z2CN 18-10 Aisi 304L	ZBCNDT 18-12 Aisi 316		
Atmosphère Atelier-Maga		ТВ	0	0	0	0	0	0	0		
Atmosphère extérieure Urbain – Rural Industriel peu chargé		Р	ТВ	тв тв	0	0	В	0	0		
Humide – Sı	ulfureuse	M	В	ТВ	ТВ	ТВ	Р	ТВ	0		
Acides miné	Acides minéraux		Р	TB	TB	ТВ	Р	ТВ	0		
Alcaline	Ammoniac	М	Р	В	TB	TB	Р	TB	0		
	Soude - Potasse	М	Р	М	TB	ТВ	Р	ТВ	0		
Halogène	Faible	M	М	В	ТВ	ТВ	Р	В	0		
(Fluor-Chlore)	Chargée	М	M	M	ТВ	ТВ	Р	В	0		
Composés o Alcools – Ph		М	Р	ТВ	М	М	M	В	ТВ		
Hydrocarbur	es	M	Р	ТВ	Р	Р	M	В	ТВ		
Acides organ	niques	M	Р	В	В	В	М	В	TB		
Offshore	Offshore		Р	В	Р	В	М	В	TB		
Compatibilité	é alimentaire	Р	Р	TB	ТВ	ТВ	Р	ТВ	TB		
Résistance à l'	érosion mécanique	В	В	Р	В	В	ТВ	ТВ	ТВ		

Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

### Critère: DIMENSIONNEMENT

**Encombrement** 

ماطفه مدياه

Section

de câble nécessaire

du chemin

Il faut connaître le nombre de câbles ainsi que leur encombrement.

 $S = d^2$ 

d un cable	
	$D = K \frac{100 + a}{100} n$

S: section d'encombrement du câble en cm2

d: diamètre extérieur du câble en cm2

Exemple: câble U 1 000 R 2 V Cu 4 x 4 mm2

d: 1,3 cm; S: 1,69 cm2

D: section nécessaire en cm2 K : coefficient de remplissage :

- 1,4 pour les câbles de puissance

- 1,2 pour les câbles courant faible

a : réserve souhaitée en %

n: ΣS: somme des sections des câbles en cm²

6.5.2. **DÉTERMINATION DE LA LARGEUR DU CHEMIN** DE CÂBLES

Note: Dans le cas de passage de câbles de puissance et de câbles courant faible dans le même chemin de câbles prendre K = 1,4.

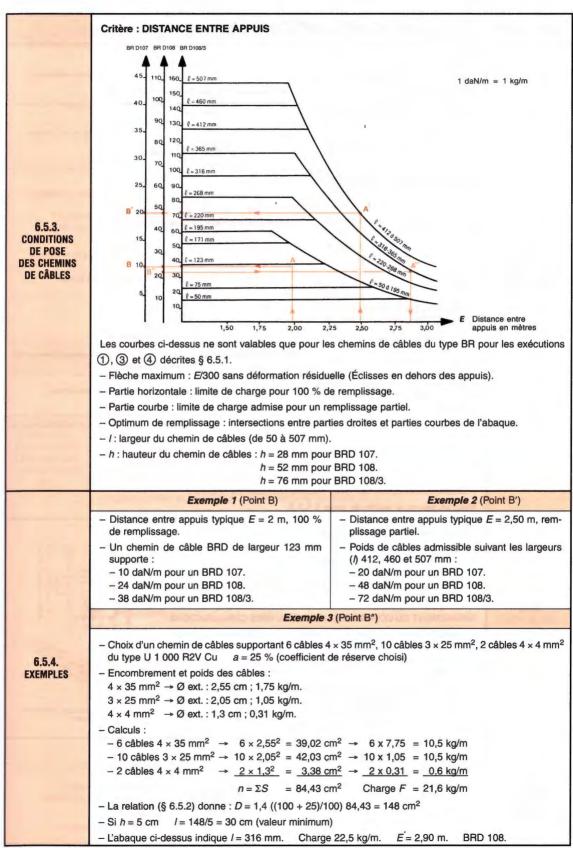
### Exemple:

- Choix d'un chemin de câble comprenant : 6 câbles U 1 000 R2V Cu 4 × 4 mm2 (lumière) Réserve 20 %

 $n = \Sigma S = 6 \times (1,3)^2 = 10,14 \text{ cm}^2$ 

$$D = 1.2 \times \frac{100 + 20}{100} \times 10.14 = 14.6 \text{ cm}^2$$

<sup>\*</sup> Voir page suivante



# 6.6. LES CANALISATIONS ENTERRÉES

## POSE DIRECTE DANS LE SOL :

- Les câbles doivent comporter une armure en acier placée dans une gaine étanche (PVC).
- Le fond de fouille doit être dressé pour éliminer toute aspérité pouvant détériorer la gaine extérieure du câble.
- Conditions particulières de pose. (Fig. 54)

# dispositif avertisseur (\*) 0.15 m i 10.10 m câbles RGPEV ou RVEV sable ou terre meuble

Fig. 54 - Pose directe dans le sol.

# POSE SOUS TUBES ENTERRÉS :

- Utilisée pour les traversées de rue par exemple.
- Le rapport entre la section extérieure totale des câbles et la section intérieure du tube ne doit pas excéder 1/3.
- Conditions particulières de pose. (Fig. 55)

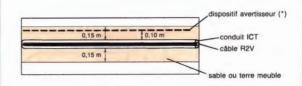


Fig. 55 - Pose sous conduit enterré dans le sol.

# CONDITIONS GÉNÉRALES QUELLE QUE SOIT LA POSE :

- Pour parer aux effets de tassement des terres, les câbles ou canalisations doivent être enterrés à 0.60 m au moins sous les aires non accessibles aux voitures et 1 m sous les aires accessibles aux voitures (Fig. 56)

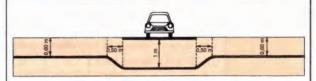


Fig. 56 - Conditions générales de pose en souterrain.

\* Grillage en matière plastique de couleur rouge.

- Rayons de courbure : 9 fois le diamètre pour un câble à 1 conducteur :
  - 8 fois le diamètre pour un câble de 2 à 5 conducteurs ;
  - 5 fois le diamètre pour un câble de plus de 5 conducteurs.
- Croisement et côtoiement avec d'autres canalisations (§ 6.6.2.).

Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

# **POSE EN CANIVEAUX ENTERRÉS:**

Les caniveaux doivent présenter une surface intérieure parfaitement lisse et s'emboîter sans aspérité ou dénivellation.

Le dispositif avertisseur, obligatoire, peut être constitué par un grillage métallique protégé contre la corrosion ou par un grillage plastique de couleur rouge.

# 6.6.2. **CÂBLES POSÉS EN CANIVEAUX**

6.6.1.

**CÂBLES POSÉS** DIRECTEMENT

DANS LE SOL

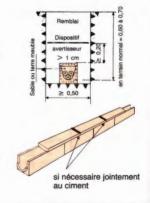
### CROISEMENT OU CÔTOIEMENT AVEC D'AUTRES CANALISATIONS :

La distance entre les liaisons d'énergie et les liaisons de communication doit être :

- aux croisements : 0.50 m entre les liaisons.
- en parcours parallèle : 0,50 m entre les liaisons.

La proximité de canalisation électriques et non électriques (conduites d'eau, de gaz, d'hydrocarbures, de vapeur,...) nécessite une distance minimale de 0,20 m aux croisements ou en parcours parallèle.

Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.



# 6.6.3. **EXEMPLE** DE CÂBLE **A ENTERRER**

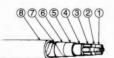
### **CÂBLE BT TYPE U1000 RGPFV**

Tension nominale: 1 kV. Souplesse de l'âme :

 $S \le 4 \text{ mm}^2$  âme classe 1.

 $S > 4 \text{ mm}^2$  âme classe 2.

Utilisation dans les installations industrielles.



- 1 Ame rigide en cuivre ou on aluminium
- 2 Ruban
- 3 Enveloppe isolante en PR
- 4 Gaine de bourrage ou rubans
- 5 Gaine de plomb
- 6 Matelas
- 7 Armure feuillards en acier
- 8 Gaine en PVC

# 6.7. CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES

(D'après SCHNEIDER-ÉLECTRIC)

• COURANT D'EMPLOI (In) :

(Somme totale des intensités absorbée par les récepteurs sur une ligne)

(courant d'emploi)

K: coefficient de demande moyen. (Ateliers de mécanique générale.)

Nombre de récepteurs	2 ou 3	4 ou 5	6 à 9	10 à 40	40 et plus	Éclairage Chauffage	
Coefficient K	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	1	

# • TYPE DE CANALISATION SUIVANT LE COURANT D'EMPLOI :

Courant d'emploi I <sub>b</sub> (A)	de 0 à 25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 500	500 630	630 800	
Type :	KBA/B	KBA/B	KN	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS	
Courant nominal :	25	40	63	100	160	250	400	500	630	800	
Indice de protection IP :	31	31	41	40/54	40/52	52/54	40	40	40	40	

6.7.1. ÉLÉMENTS PERMETTANT DE CHOISIR LES CANALISATIONS **PRÉFABRIQUÉES** EN BT

# • CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE ta: ta (°C)

10

15

	$I_{\rm z} = I_{\rm nc} \cdot f_{\rm 1}$
l <sub>z</sub>	: courant admis-
	sible par la canali-
	sation.
f1	: coefficient de sur-

classement ou de déclassement.

	3 1,09			
8   1,14	4 1,10	1,05	1,00	0,95
6 1,04	4 1,02	1,00	0,97	0,94
(	6 1,0	6 1,04 1,02	6 1,04 1,02 1,00	6 1,04 1,02 1,00 0,97

20

25

30

35

40

45

50

0,85

0,90

0.89

0,91

55

0,88

### PROTECTION CONTRE LA SURCHARGE DE LA CANALISATION :

$$l_{\rm n} < \frac{l_{\rm z}}{t_{\rm 2}}$$

In : calibre normalisé égal ou immédiatement intérieur, du dispositif de protection contre les surcharges.

L: courant admissible par la canalisation.

f2: coefficient fonction du type de protection.

 $f_2 = 1$  pour les disjoncteurs.

 $f_2 = 1,1$  pour les fusibles.

h ≥ 16

In: calibre de la protection.

h: courant d'emploi.

Si la condition n'est pas remplie, choisir la canalisation de courant Inc immédiatement supérieure.

# DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE POUR L'ÉCLAIRAGE OU POUR LES PRISES DE COURANT dans l'industrie, le bâtiment, les locaux tertiaires et agricoles.

DISTRIBUTION

ÉLECTRIQUE

POUR LA

**FORCE** 

dans l'industrie

et le bâtiment

Le tracé des axes de distribution se fait généralement dans le sens de la plus grande longueur.

Le choix de la canalisation se fait en fonction :

- de la puissance absorbée sur une ligne,
- du nombre d'allumages ou de circuits,
- du poids des luminaires,
- de la structure du local.
- de la nature du local (IP)

Matériel : KBA	25 A et 40 A	2 à 4 conducteurs + PE	IP 315	L = 3 m
Matériel : KBB	16 à 40 A	2 à 4 conducteurs + PE	IP 307	L = 5 ou 3 m

Le tableau ci-dessous donne le poids maximum admissible entre deux fixations :

Entraxe de fixation	2	2,3	2,5	2,7	3	3,5	4	5	(m)
Matériel KB : à plat	15	10,5	Ne pas utiliser						(kg)
sur chant	-	-	17   15   10   Ne pas utiliser				liser	(kg)	

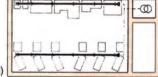
Choix de la dérivation (KBA ou KBB)

Туре	Calibre de la dérivation (A)	Connecteurs précablés pour câbles	Connecteurs à bornes pour fusibles	Connecteurs avec PC 2P + T	
КВА	10	3 × 1,5 mm <sup>2</sup>	8,5 × 31,5	non	
	16	3 × 2,5 mm <sup>2</sup>	8,5 × 31,5	oui	
КВВ	10	3 × 1,5 mm <sup>2</sup>	8,5 × 31,5	non	
	16	3 × 2,5 mm <sup>2</sup>	8,5 × 31,5	oui	

Une seule ligne de distribution dessert une zone de 4 à 6 mètres. La hauteur de la ligne de distribution doit être à 3 mètres du sol environ.

Le choix se fait en fonction :

- du courant d'emploi lb,
- du calibre de la dérivation,
  du schéma de distribution
  - du scrienta de distribution
  - tripolaire + terre (TRI + PE),
  - tripolaire + neutre + terre (TRI + N + PE)



Fixation: 3 m maxi

EXEMPLES	
D'UTILISATION	
ET DE	
RÉALISATION	

6.7.2.

							OII				
		Maté	riel Kl	KN 40 à 10		100 A	TRI + N + PE	L=3-2-1;0,5 m Fi		Fixation: 3 m maxi	
		Maté	riel K	S 1	00 à	800 A	TRI + PEN	L=5-3-2;1,5 m	Fixa	ation : 3 m maxi	
	Calibre de la	Туре	de ca	nalis	ation			Équipement possible			
	dérivation (A)	KBA	KBB	KN	KS	Direct	Fusible	Appareillage modula	aire	Appareillage	
Ī	16	х	х	х	х	×	8,5 × 31,5	x (KN/KS)			
	20				х			X			
	25			Х	Part I		10 × 38	X			
	22			v			1451	v			

16	x	х	х	х	х	8,5 × 31,5	x (KN/KS)	
20				Х			X	
25			х	Page 1		10 × 38	X	
32			х			14 × 51	x	
40			х			14 × 51	X	
50				х		14 × 51	x	
63				х			х	
100				х		taille 00	x	
125				х		taille 00		х
160				х		taille 0		x
250				х		taille 1		x
400				х		taille 2		x

<b>EXEMPLE</b>	
Données :	

- 5 fraiseuses sont alimentées en ligne dans un atelier de mécanique.
- U = 3 x 400 V. 50 Hz. P = 11 kW et/absorbée = 25 A par machine. Protection amont par fusible.  $t_{\rm a}$  = 40 °C.

**Solution**:  $I_1 = 25 \times 5 = 125 \text{ A}.$ 

 $\dot{l}_{\rm b} = 125 \times 0.8^* = 100 \text{ A} \rightarrow \text{Canalisation type KS } 100 \text{ A}$ 

 $I_z = 100 \times 0.97^* = 97 \text{ A}$ 

 $l_{\rm n} = 97/1,1^* = 88,2 \text{ A}$ 

 $I_{\rm n} < I_{\rm b} \rightarrow II$  faut choisir une canalisation typo KSA 160 A

 $I_z = 160 \times 0.97 = 155.2 \text{ A}$ 

 $\bar{l}_{\rm n} = 155,2/1,1 = 141 \text{ A}$ 

 $l_n > l_0$ 

\* Coefficients § 6.7.1.

# 6.8. EXEMPLE DE CHOIX D'UNE CANALISATION ÉLECTRIQUE

# **CAHIER DES CHARGES:**

Schéma	Caractéristiques :	Données :
	Source HT. P <sub>∞</sub> : 125 MVA.	- Le schéma de distribution BT est donné Fig. 57
	Transformateur HT/BT, 630 KVA Dy. (Schéma TT.) 20/0,4 kV.	<ul> <li>L'étude portera sur la canalisation électrique dont l'origine est prise dans le tableau de distribution secondaire (C) et dont l'extrémité alimente un moteur asynchrone triphasé.</li> </ul>
A	Câble de liaison : 3 × 125 mm² Cu. (Transformateur tableau BT.) Longueur : 3 m	- Caractéristiques du moteur : - Asynchrone triphasé 11 kW 3 × 400 V Démarrage direct Fonctionnement 3 500 h/an Régime cyclique journalier typique suivant NFC 33-100.
В	Jeu de barres BT.  3 × (100 × 5) mm <sup>2</sup> Cu. (Tableau BT.) Longueur : 4 m.	<ul> <li>Caractéristiques connues de la canalisation :</li> <li>Longueur de la canalisation : 50 m.</li> <li>Schéma des liaisons à la terre : TT.</li> <li>Type de local : chaudronnerie.</li> <li>Chemin de câbles existant et contenant trois liaisons électriques en pose jointive.</li> </ul>
•	Câble de liaison : 3 × 185 mm² Cu (Tableau BT – tableau secondaire.) Longueur : 100 mm.	$-$ Température maximum $t_{\rm a}=35$ °C. $-$ Temps de déclenchement de la protection pour assurer la sélectivité $t_{\rm d}\simeq0,\!3$ s.
C	•	- Considérations économiques : - Amortissement sur une année : 18 %.
+	Câble d'alimentation terminale du moteur 11 kW – 400 V triphasé. Longueur : 50 m.	- Tarif souscrit : Vert A5.  Note : La chute de tension entre le transformateur et le point C
Fig. 5	7 – Schéma de l'installation BT.	sera négligée.

# SOLUTION:

DÉMA	RCHE:	RENVOIS :	RÉSULTATS			
moteur : $I_n$ Intensité au dém $I_d = 6,7 I_n$ : $Cos \varphi : - régime$		Tableau : Fig. 1  Tableau : Fig. 2  Tableau : Fig. 2  Tableau : Fig. 2  Tableau : Fig. 2	$I_{\rm c}=26$ A. $I_{\rm d}=26$ x 6,7 = 175 A. (arrondi par excès) $\cos \varphi_{\rm a}=0.8$ . $\cos \varphi_{\rm c}=0.3$ .			
Détermination de	es facteurs : $-K_u$ : $-K_s$ : $-K_e$ : at d'emploi : $-I_b$ :	Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7	$K_{\rm u} = 0.75$ $K_{\rm s} = 1$ $K_{\rm e} = 1.2$ $I_{\rm b} = 26 \times 0.75 \times 1 \times 1.2 \simeq 24$ A (arrondi par excès).			
Influences extern Indice de protect (corrigé suivant /	ion mini : IP IK	Chapitre 5	AA4 - AD1 - AE2 - AF1 - AG3 - AH1 - BA1 - BB1 - BC3 - BD1 - BI IP30 IK08			
	e de pose :	∮ § 6.3.2. Fig. 12, 52 § 6.2.1. § 6.2.4. § 6.2.4.	Tous câbles et conducteurs sauf Torsades et 05 VV-U, R. Mode de Pose: 14. Câble autorisé. BT > 400 V → Normalisé 500 V minimum. 3 + PE (Schéma TT) U 1 000 R 2V (Isolant: PR)			
Détermination des coefficients correcteurs	<ul><li>Pose :</li><li>Température :</li><li>Groupement :</li></ul>	Tableau: Fig. 12 Tableau: Fig. 11 Tableau: Fig. 13	Méthode de référence $E \rightarrow f_p = 1$ $\theta_a = 35$ °C (PR) $\rightarrow f_1 = 0.96$ 4 liaisons (câbles jointifs) $\rightarrow f_n = 0.77$ .			
Détermination — Calcul $I_2$ :  de la section $S_j$ — Choix de $S_j$ :  — Intensité maxi:  — Protection:		Tableau : Fig. 6 Tableau : Fig. 6 Tableau : Fig. 6 § 6.1.6.	$I_z$ = 24/(1 x 0,96 x 0,77) = 33 A (arrondi par excès) $I_z$ = 33 A. (E-PR/3) $\rightarrow$ $S_{\rm j}$ = 4 mm² cuivre. C'est l'intensité admissible en régime permanent $\rightarrow$ 42 A Elle sera assurée par un disjoncteur à usage général ( $t$ = 0,3 s) associé à un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR)			

DÉMA	ARCHE	RENVOIS	R	ÉSULTATS (ra	amenés côté B	T ave	$c U_0 = 2$	30 V)			
Calcul des I <sub>cc</sub> m	axi.		$R(\Omega)$	Χ (Ω)	I <sub>cc</sub> (kA)	RIX	K	/ <sub>cc</sub> (kA)			
- Sou - Tran	rce : nsformateur :	Tableau : Fig. 22 Abaques : Fig. 26	0,2 × 10 <sup>-3</sup> 2,7 × 10 <sup>-3</sup>	1,4 × 10 <sup>-3</sup> 9,7 × 10 <sup>-3</sup>	$\frac{U_0}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$		Fig. 21	K. I <sub>cc</sub> . √2			
- Câb - I <sub>∞</sub> en A :	ole de liaison Cu :	Abaques : Fig. 27 Schéma : Fig. 57	$0.5 \times 10^{-3}$ $3.4 \times 10^{-3}$	0,25 × 10 <sup>-3</sup>	19,41	0,30	1,42	39			
	de barres Cu :	Abaques : Fig. 27	0	0,4 × 10 <sup>-3</sup>							
<ul> <li>− l<sub>cc</sub> en B :</li> <li>− Câb</li> </ul>	ole de liaison Cu :	Schéma : Fig. 57 Abaques : Fig. 27	$3,4 \times 10^{-3}$ $13,0 \times 10^{-3}$		18,80	0,29	1,44	38,3			
- l <sub>∞</sub> en C :		Schéma : Fig. 57	16,4 × 10 <sup>-3</sup>	19,25 × 10 <sup>-3</sup>	9,10 (1)	0,85	1,09	14			
Contrôle des contraintes	– I <sub>cc</sub> mini	Tableau : Fig. 29	l <sub>cc</sub> amont = → l <sub>cc</sub> mini :		= 4 mm <sup>2</sup> . L = 5	50 m					
thermiques	- I <sup>2</sup> t	§ 6.1.9.	$I^2t = k_1^2 \cdot S^2$	$^2 = 143^2 \times 4^2 =$	= 327 184 A <sup>2</sup> s.						
	- t maxi	§ 6.1.9.	$t \le \frac{327 \ 18^4}{900^2}$	$\frac{4}{t} \rightarrow t \text{ maxi} =$	0,4 s. > t <sub>d</sub> de la	prote	ction.				
Détermination de la section	- I/I <sub>p</sub> :		/ <sub>z</sub> = 33 A	$I_{\rm p} = 42  {\rm A}  I/I_{\rm p}$	$_0 = 33/42 \simeq 0.7$	9					
S <sub>cc</sub> à partir de	<i>- θ</i> :	Abaq.: Fig. 17, 18	$PR \rightarrow \theta_p =$	90 °C. θ <sub>cc</sub> –	250 °C → θ = 6	65 °C					
t <sub>d</sub> (Calcul éven- tuel)	$-\delta_1\omega$ :	Abaques : Fig. 19			$\rightarrow \delta_1 \omega = 155 \text{ A}$						
	- S <sub>cc</sub> :	Relation : Fig. 21			$2 \text{ mm}^2 \rightarrow S_{cc} =$						
Contrôle de la	- court-circuit :	Tableau : Fig. 35			$I_{\rm m} = 320 \; {\rm A \; ma}$						
longueur proté- gée	<ul> <li>contact indirect</li> </ul>	§ 6.1.10.	Sans objet	car obligation	de mettre un D	DR (S	schéma T	T)			
Contrôle de la	– à <i>I</i> <sub>p</sub> :	Abaque : Fig. 47	$I_b \cdot L = 24 \times 0.05 = 1.2 \text{ A} \cdot \text{km} \rightarrow u = 11 \text{ V}.$								
chute de ten- sion pour $S = 4$	-à l₀:	Abaque : Fig. 48	$I_{\rm d}$ . $L = 175 \times 0.05 = 8.8  {\rm A.km} \rightarrow u = 28  {\rm V.}$								
mm <sup>2</sup>	$-u_{\text{max}}$ à $I_{\text{n}}$	§ 6.1.11.	$u_{\text{max}} \text{ à } I_{\text{n}} = 400 \times 8/100 \rightarrow 32 \text{ V} > 11 \text{ V} \rightarrow \text{convient.}$								
	- u <sub>max</sub> à l <sub>d</sub>	§ 6.1.11.	$u_{\text{max}} $ à $I_{\text{d}} = 0$	400 × 15/100 ·	→ 60 V > 28 V	→ cor	vient.				
Détermination de la section économique $S_e$	- I <sub>q</sub>	§ 6.1.12. (d)	Suivant NF	C 33-100 → I <sub>0</sub>	$_{\rm j} = \sqrt{\frac{26^2 \times 12}{}}$	+ 13 <sup>2</sup>	× 12	20,6 A			
(Calcul éven- tuel)	– A	§ 6.1.12. (b)	$A = \frac{(1+0,18)^1 - 1}{0,18(1+0,18)^1} = 0,85.$								
	– <i>Q</i> à 65 °C	§ 6.1.12. (h)	Q <sub>65 °C</sub> = 17	,241 (1 + 3,93	$3 \times 10^{-3} \times 45) =$	20,29	$\Omega$ mm <sup>2</sup> /	m			
	- q	§ 6.1.12. (h)	4 × 1,5 mm	$r^2 \rightarrow 0.45 \times 1.5$	25 = 0,56 k€/kr	n.					
		§ 6.2.4.	4 × 25 mm	$^{2} \rightarrow 3,46 \times 1,2$	.5 = 4,32 k€/km	٦.					
			$q = \frac{4,32 - 25 - 25}{25 - 25}$	$\frac{0,56}{1,5}$ 1 000 =	160 €/km.						
	- c	§ 6.1.12. (g)	Tarif VERT	$A5 \rightarrow c = 0.04$	4 €/kW . h <sup>(2)</sup>						
	- S <sub>e</sub>	§ 6.1.12. (f)	$S_{\rm e} = 20.6 \sqrt{\frac{3 \times 20.29 \times 3500 \times 0.04 \times 0.85}{160 \times 10^{-3}}} = 4.38 \text{ mm}^2$								
0 1 1 05	•	0.04.40.(0)	$S_{\rm e} = 4 \text{ mm}^2$		2						
Conducteur PE	- SPE	§ 6.1.13 (B)		<sup>2</sup> S <sub>PE</sub> = 4 mm <sup>2</sup>				dist			
SOLUTION:			câble doit ê	etre posé sur u	x 4 mm <sup>2</sup> répor in chemin de cá	àbles.					
			9 100 A r un courar	ninimum avec un nt de déclenchen	nt à l'origine doit n temps maximum nent de 320 A ma se reporter au <i>cl</i>	n de dé eximum	clencheme				

# 7. L'ÉCLAIRAGE

# 7.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

## DONNÉES

- Le cahier des charges définissant l'installation d'éclairage
- Nature des tâches visuelles.
- Mode de commande.
- Nombre de points de commande.
- Type d'éclairage (direct, indirect...).
- Nombre de points lumineux.
- Fréquence journalière des allumages.
- Conditions d'entretien.
- Durée d'utilisation annuelle.

### BESOINS

- Installation d'éclairage
- Éclairement satisfaisant.
- Facilité d'entretien.
- Facilité de remplacement des luminaires.
- Facilité de commande.
- Consommation d'énergie.
- Esthétique.
- Respect des normes.
- Coût et amortissement.

# ÉLÉMENTS DE CHOIX (à prendre en compte)

### - Pour établir l'avant-projet

- Définition du local
- caractéristiques architecturales, dimensions
- facteurs de réflexion
- mobilier
- nature du plafond
- prises de jour
- Activités dans le local
- Conditions de service et influences externes
  - classification des locaux
- Conditions d'alimentation électrique
  - tension
  - régime de neutre
- Conditions d'utilisation
- Exigences en ce qui concerne les nuisances
  - parasites radiophoniques
  - effets stroboscopiques
  - ronflement des ballasts
  - chaleur dégagée
- Niveau d'éclairement et choix du matériel
- Dépréciation des installations et facteurs de dépréciation
  - dû au vieillissement des lampes
  - dû à l'empoussièrement des luminaires
  - dû à l'empoussièrement des parois du local
- Considérations économiques
  - prix du kWh
  - puissance totale installée
  - valeur de l'investissement (lampes, luminaires, câbles, installation...)
  - coût de la main-d'œuvre
  - coût de rechange d'une lampe
  - coût de l'entretien de l'installation (fréquence des interventions)

# 7.2. RENSEIGNEMENTS NÉCESSAIRES À L'ÉTABLISSEMENT D'UN AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

- h: hauteur des luminaires au-dessus du plan utile

- m et n : côtés de la maille

- h': hauteur de suspension des luminaires (frise)

- a et b : côtés du local

SYSTÈMES

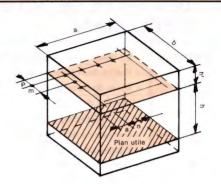
Pourcentages du flux lumineux

vers le haut

vers le bas

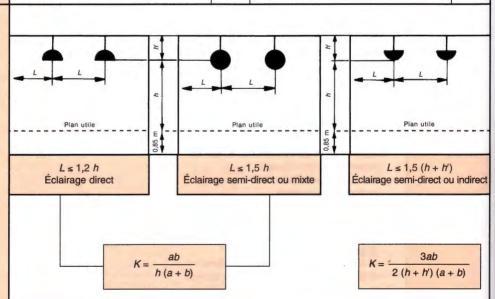
7.2.1. DIMENSIONS

DU LOCAL (NFC 71-721)



- L'indice du local dépend du système d'éclairage et de ses dimensions.

%
85
50
40
20
40
20
10



SEMI-

DIRECT

10 - 40

60 - 90

DIRECT

0 - 10

90 - 100

SEMI-

INDIRECT

60 - 90

10 - 40

INDIRECT

90 - 100

0 - 10

DIFFUS

40 - 60

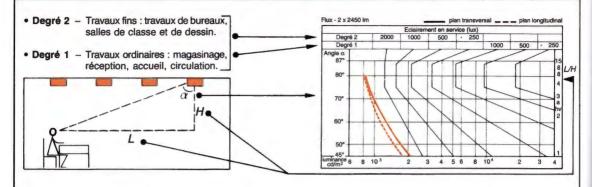
40 - 60

7.2.3.

INDICE DU LOCAL K (D'APRÈS EDF)

3 10 1 3	CATÉGORIES	EXEMPLES	LUX	CATÉGORIES	EXEMPLES	LUX
	BÂTIMENTS AGRICOLES	Poulaillers     Étables, salles de traite     Couloirs d'alimentation     Préparation des aliments du bétail     Laiterie	50 150 30 150 0	MÉCANIQUE GÉNÉRALE	<ul> <li>Machines-outils et établis, soudure</li> <li>Travail de pièces moyennes</li> <li>Travail de petites pièces</li> <li>Travail très délicat ou de très petites pièces</li> </ul>	300 500 750 1 000 à 2 000
	INDUSTRIES ALIMENTAIRES	Brassage     Préparation chocolat brut     Conditionnement bouchées confiserie     Conserveries, mise en boîte     Laiteries     Cuisson	300 150 500 500 300 300	INDUSTRIES TEXTILES	- Cardage, étirage - Bobinage - Filage - Tissage gros ou clair - Tissage fin ou foncé - Comparaison de couleurs	300 300 500 500 750 1 000
	INDUSTRIES Du Bois	Scieries     Travail à l'établi     Travail aux machines     Finition, polissage     Contrôle final	150 300 500 500 750	INDUSTRIE Du Verre	- Chaufferie - Composition - Soufflage ou moulage - Décoration - Gravure	150 150 300 500 500
	INDUSTRIES CÉRAMIQUES	<ul><li>Fours</li><li>Moulage, presses</li><li>Vernissage</li><li>Décoration</li></ul>	150 300 500 500	INDUSTRIE Du Livre	- Typographie - Pupitre de composition - Lithographie - Reliure de livres	500 750 1 000 500
7.2.4. ÉCLAIREMENTS MOYENS EN SERVICE	INDUSTRIES Chimiques	Éclairage de circulation     Broyeurs, malaxeurs     Calandrage, injection     Fabrication des pneus     Salles de contrôle     Laboratoires     Comparaison de couleurs	200 300 500 250 500 500 1 000	BUREAUX Et locaux Administratifs	Bureaux de travaux généraux     Dactylographie     Salle des ordinateurs     Salle de dessin, tables     Bureaux paysagés	500 500 500 1 000 750 à 1 000
RECOMMANDÉS (D'après L'ASSOCIATION	INDUSTRIE Du Cuir	<ul><li>Vernissage</li><li>Couture</li><li>Comparaison de couleurs</li></ul>	500 1 000 1 000	INDUSTRIE DU VÊTEMENT	– Piqûre – Contrôle final	1 000 1 000
FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE)	CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES	<ul> <li>Montage (appareils de radio)</li> <li>Travail de pièces moyennes</li> <li>Travail de petites pièces</li> <li>Travail très délicat ou de très petites pièces</li> </ul>	750 500 750 1 500 à 2 000	ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT	<ul> <li>Salles de classe</li> <li>Tableaux</li> <li>Amphithéâtres</li> <li>Laboratoires</li> <li>Salles de dessin d'art</li> <li>Bibliothèques, tables</li> </ul>	300 500 300 500 500 500
	FONDERIE	Nettoyage     Modelage grossier     Modelage fin     Sablerie     Fabrication des noyaux	200 200 500 300 500	SALLES DE SPECTACLE	<ul> <li>Foyers</li> <li>Amphithéâtres</li> <li>Salles de cinéma</li> <li>Salles des fêtes</li> </ul>	150 100 50 300
	CIRCULATION	- Couloirs, escaliers selon les locaux desservis	100 à 300	ESPACES DÉCOUVERTS	<ul><li>Entrées, cours, allées</li><li>Docks, quais</li><li>Stations-service</li></ul>	30 75 300
4	SALLES D'exposition	– Salles publiques	500	EXPOSITIONS SENSIBLES À LA LUMIÈRE	– Éclairage général	150
	EXPOSITIONS INSENSIBLES A LA LUMIÈRE	– Éclairage général	300	EXPOSITIONS PARTICULIÈREMENT SENSIBLES À LA LUMIÈRE	– Éclairage général	50
	HABITATIONS (ÉCLAIRAGE NÉCESSAIRE	– Lecture – Travail d'écolier – Couture	300 300 500 à 750	HÔTELS	<ul> <li>Réception, halls</li> <li>Salles à manger</li> <li>Cuisines</li> <li>Chambres et annexes</li> </ul>	300 200 300
	POUR LES DIFFÉRENTES ACTIVITÉS)	<ul> <li>Chambre à coucher éclairage localisé</li> <li>Préparations culinaires</li> <li>Coin bricolage (suivant activité)</li> </ul>	200 300 300	STOCKAGE	– Entrepôts	150

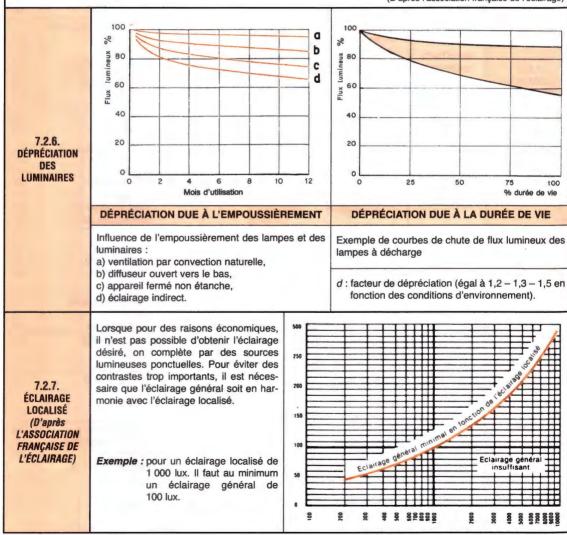
# 7.2.5. ABAQUES DE SÖLLNER - CHOIX DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE



L'appareil dont l'abaque de Söllner est représenté ci-dessus convient :

- pour des travaux de degré 1 jusqu'à 1 000 lux quel que soit le local,
- pour des travaux de degré 2 jusqu'à 500 lux quel que soit le local et 1 000 lux dans les locaux dont L/H < 1,3.

\* Abaques permettant de déterminer l'efficacité d'un luminaire suivant l'architecture du local (H/L ou α) et l'éclairement en service (lux).
(D'après l'association française de l'éclairage)

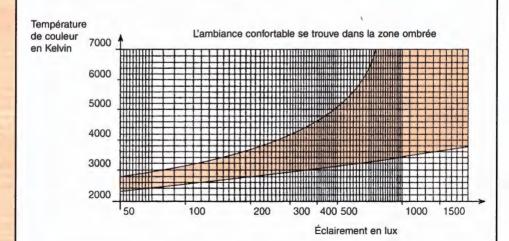


7.2.8.	TEMPÉRATURE DE COULEUR	DÉNOMINATION	INDICE DE RENDU DES COULEURS (Ra)			
	6 300 K	lumière du jour	92			
APPELLATIONS	6 000 K	blanc harmonie	90			
DE TEINTES	4 300 K	blanc industrie	65			
	3 800 K	blanc brillant de luxe	83			
	3 000 K	blanc soleil de luxe	80			
	2 700 K	blanc confort	95			

- Le Ra est compris entre 50 et 100.
- Par exemple, les lampes fluorescentes se caractérisent par des émissions lumineuses de couleurs voisines mais différentes.

	QUALITÉ DÉSIRÉE	VALEURS LIMITES DE Ra	EXEMPLES D'APPLICATIONS
S	Appréciation aussi exacte que possible des couleurs primordiales Excellent rendu des couleurs	R <sub>a</sub> > 90	Contrôle, sélection, examen Laboratoires Industrie textile Imprimerie Produits agricoles
	Rendu des couleurs de bonne qualité Éclairage agréable recherché	R <sub>a</sub> > 80	Certains ateliers Bureaux Écoles
	Rendu des couleurs acceptable	R <sub>a</sub> > 70	Magasins de vente
	Rendu des couleurs médiocre mais secondaire	60 < R <sub>a</sub> < 90	Industrie : ateliers, mécanique
	Aucune exigence de rendu des couleurs	R <sub>a</sub> < 60	Industrie : fonderies  – grosse mécanique  – magasins de stockage

# CHOIX DE LA TEMPÉRATURE DE COULEUR



7.2.10.
DIAGRAMME
DE
KRUITHOF\*

7.2.9. LE RENDU DES COULEURS

Confort visuel, niveaux d'éclairement et température de couleur sont liés.

<sup>\*</sup> Abaque permettant de déterminer la température de couleur (choix de la source lumineuse) suivant l'éclairement en respectant le confort visuel.

### INTENSIF **EXTENSIF** - En milieu industriel, on 7.2.11. utilise essentiellement CHOIX DE LA l'éclairage direct du plus CLASSE intensif au plus extensif, **PHOTOMÉTRIQUE** classe de A à J selon les normes UTE 71 120/121. classe J classe A **ATELIERS** 40 W 65 W 80 W 110 W lampe fluo éclairement 1.50 m 1,50 m 2,40 m 1,20 m 200 G G F F 400 < ≤ 600 E E -Le choix des lumi-≤ 800 D D naires doit répondre aux conditions de limitation ≤ 1 000 D D C C de l'éblouissement. 7.2.12. C C C ≤ 1 200 C - Sans entrer dans le CHOIX DES détail, on utilisera les ≤ 1 500 C C C C LUMINAIRES tableaux ci-contre pour déterminer la classe BUREAUX photométrique des luminaires, en fonction de la lampe fluo 40 W 65 W 110 W puissance des sources et de l'éclairement. éclairement 1,20 m 1,50 m 2,40 m ≤ 200 E Е D D 800 C $\leq 1000$ D D C C C ≤ 1 200 C C C ≤ 1 500 Classe Interdistance maximale du luminaire entre deux luminaires - La répartition des lumi-A e = 0.90 hnaires est dictée par l'emplacement des postes В e = 1,00 hde travail. C e = 1.10 h- La constitution du pla-7.2.13. fond, la présence de D e = 1,20 hRÉPARTITION poutres apparentes, de E e = 1,30 hDES caissons; peuvent apporter **LUMINAIRES** des limitations dans la F e = 1.40 hdétermination de la posi-G e = 1,45 htion et du nombre de luminaires, mais on cher-H e = 1,50 hchera à se rapprocher des dispositions ci-dessus. I e = 1.50 hJ e = 1,50 h- Le nombre de luminaires est donné par la relation : 7.2.14. F = flux lumineux total NOMBRE DE f = flux émis par les sources installées dans un luminaire. LUMINAIRES - On respectera les interdistances données dans le tableau ci-dessus. Si besoin est, on augmentera le nombre de points lumineux. Éventuellement, on diminuera la puissance lumineuse de chaque source.

# 7.2.15. CLASSE, RENDEMENT ET INDICE DE PROTECTION DE QUELQUES RÉFLECTEURS INDUSTRIELS

TYPE DE RÉFLECTEURS	CLASSE	RENDEMENT (direct)	IP	IK
Tôle laquée blanc cuite au four sans grille	E	0,71	30	00
Tôle laquée blanc cuite au four avec grille	D	0,54	30	07
Tôle émaillée pour lampes ballon P < 125 W	D	0,70	20	
(intensif) pour lampes ballon 125 ≤ P ≤ 400 W	С	0,76	20	
(extensif) pour lampes ballon 125 ≤ P ≤ 400 W	D	0,71	20	
Plafonnier diffuseur opale	Н	0,48	40	04
<ul> <li>diffuseur polystyrène stabilisé à fond prismatique clair et côtés opale</li> </ul>	E	0,53	40	04
- avec grille et vé central	D	0,53	20	07
- paralume à vé central et grille laquée	D	0,47	20	07
Plafonnier – à optique en aluminium haut rendement	D	0,65	40	04
<ul> <li>– à grille crantée en aluminium de maille 20 x 20 x 20</li> </ul>	С	0,43	20	
Plafonnier – encastré avec diffuseur opale	E	0,52	30	04
<ul> <li>– à vasque prismatique</li> </ul>	D	0,58	30	04
– à grille aluminium 30 x 30	D	0,53	20	08
Plafonnier encastré à lame opale de forme ronde	E	0,42	20	04
Projecteur étanche	С	0,32	65	07
Plafonnier encastré à lame grille laquée	С	0,34	20	04

# 7.2.16. TABLEAUX D'UTILANCE (U)

J: rapport de suspension

(Voir exemples § 7.5.)

K: indice du local

J = 0

J = 1/3

K = 0,60												
Facteur	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00	
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00	
	Α	0,83	0,77	0,73	0,70	0,76	0,73	0,70	0,72	0,70	0,69	
	В	0,74	0,67	0,62	0,58	0,66	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57	
	C	0,66	0,56	0,50	0,46	0,55	0,50	0,46	0,49	0,46	0,44	
	D	0,60	0,50	0,43	0,38	0,49	0,43	0,38	0,42	0,38	0,36	
Classe	E	0,55	0,44	0,36	0,31	0,43	0,36	0,31	0,35	0,30	0,28	
luminaires	F	0,51	0,38	0,30	0,25	0,37	0,30	0,24	0,29	0,24	0,22	
	G	0,53	0,40	0,32	0,27	0,39	0,32	0,27	0,31	0,27	0,24	
	Н	0,51	0,39	0,31	0,25	0,38	0,30	0,25	0,30	0,25	0,23	
	1	0,46	0,33	0,24	0,18	0,31	0,23	0,17	0,23	0,17	0,15	
	J	0,46	0,32	0,23	0,17	0,31	0,22	0,17	0,22	0,16	0,14	

	K = 0,60												
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
1	Α	0,81	0,76	0,72	0,70	0,75	0,72	0,70	0,72	0,70	0,69		
	В	0,72	0,65	0,61	0,58	0,65	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57		
1	С	0,63	0,55	0,49	0,46	0,54	0,49	0,46	0,49	0,45	0,44		
	D	0,58	0,48	0,42	0,38	0,46	0,42	0,38	0,42	0,38	0,36		
Classe	E	0,52	0,42	0,35	0,30	0,41	0,35	0,30	0,35	0,30	0,28		
luminaires	F	0,48	0,36	0,29	0,24	0,36	0,29	0,24	0,29	0,24	0,22		
	G	0,50	0,38	0,31	0,26	0,38	0,31	0,26	0,31	0,26	0,24		
	Н	0,48	0,37	0,30	0,25	0,36	0,29	0,25	0,29	0,24	0,23		
		0,43	0,30	0,23	0,17	0,30	0,22	0,17	0,22	0,17	0,15		
	J	0,42	0,30	0,22	0,16	0,29	0,22	0,16	0,22	0,16	0,14		

				K	$\zeta = 0$	80					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,89	0,83	0,80	0,77	0,83	0,79	0,77	0,79	0,77	0,75
	В	0,82	0,75	0,70	0,67	0,74	0,70	0,66	0,69	0,66	0,65
	C	0,75	0,66	0,60	0,56	0,65	0,60	0,56	0,59	0,55	0,54
	D	0,70	0,60	0,53	0,48	0,58	0,52	0,48	0,52	0,47	0,45
Classe	E	0,65	0,53	0,46	0,40	0,52	0,45	0,40	0,44	0,40	0,37
luminaires	F	0,63	0,51	0,43	0,37	0,50	0,43	0,37	0,42	0,37	0,35
	G	0,61	0,49	0,41	0,35	0,48	0,40	0,35	0,40	0,34	0,32
	Н	0,59	0,47	0,38	0,32	0,45	0,38	0,32	0,37	0,32	0,29
	T	0,56	0,43	0,34	0,27	0,41	0,33	0,27	0,32	0,27	0,24
	J	0,54	0,40	0,31	0,24	0,39	0,30	0,24	0,29	0,23	0,21

	K = 0,80													
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	0,87	0,82	0,79	0,77	0,82	0,79	0,77	0,79	0,76	0,75			
	В	0,80	0,74	0,70	0,66	0,73	0,69	0,66	0,69	0,66	0,65			
	С	0,73	0,64	0,59	0,55	0,64	0,59	0,55	0,59	0,55	0,54			
	D	0,67	0,58	0,52	0,47	0,57	0,51	0,47	0,51	0,47	0,45			
Classe	E	0,62	0,51	0,44	0,40	0,51	0,44	0,40	0,44	0,39	0,37			
luminaires	F	0,60	0,49	0,42	0,37	0,48	0,42	0,37	0,41	0,37	0,35			
	G	0,58	0,47	0,40	0,34	0,46	0,39	0,34	0,39	0,34	0,32			
	Н	0,56	0,45	0,37	0,31	0,44	0,37	0,31	0,36	0,31	0,29			
		0,53	0,41	0,32	0,27	0,40	0,32	0,27	0,32	0,27	0,24			
	J	0,51	0,38	0,29	0,23	0,37	0,29	0,23	0,29	0,23	0,21			

*J* = 0

J = 1/3

					K=	1					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,92	0,88	0,84	0,81	0,87	0,83	0,81	0,83	0,81	0,79
	В	0,86	0,80	0,76	0,72	0,79	0,75	0,72	0,74	0,72	0,70
	С	0,81	0,73	0,67	0,63	0,71	0,66	0,62	0,65	0,62	0,60
	D	0,76	0,67	0,60	0,55	0,65	0,59	0,55	0,59	0,55	0,52
Classe	Е	0,71	0,61	0,53	0,48	0,59	0,53	0,47	0,52	0,47	0,45
luminaires	F	0,71	0,60	0,53	0,47	0,59	0,52	0,47	0,51	0,46	0,44
	G	0,68	0,56	0,48	0,42	0,54	0,47	0,41	0,46	0,41	0,39
	Н	0,65	0,53	0,45	0,38	0,52	0,44	0,38	0,43	0,38	0,35
	1	0,64	0,51	0,42	0,35	0,49	0,41	0,35	0,40	0,35	0,32
	J	0,60	0,47	0,37	0,29	0,45	0,36	0,29	0,35	0,29	0,26

	K=1													
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	0,91	0,86	0,83	0,81	0,86	0,83	0,81	0,83	0,80	0,79			
	В	0,85	0,79	0,75	0,72	0,78	0,74	0,71	0,74	0,71	0,70			
	C	0,78	0,71	0,66	0,62	0,70	0,65	0,62	0,65	0,62	0,60			
	D	0,74	0,65	0,59	0,55	0,64	0,58	0,54	0,58	0,54	0,52			
Classe	Е	0,69	0,59	0,52	0,47	0,58	0,52	0,47	0,51	0,47	0,45			
luminaires	F	0,68	0,58	0,51	0,46	0,57	0,51	0,46	0,51	0,46	0,44			
	G	0,65	0,54	0,46	0,41	0,53	0,46	0,41	0,46	0,41	0,39			
	Н	0,63	0,51	0,43	0,38	0,50	0,43	0,37	0,42	0,37	0,35			
	1	0,61	0,49	0,41	0,35	0,48	0,40	0,34	0,40	0,34	0,32			
	J	0,57	0,44	0,35	0,29	0,43	0,35	0,29	0,35	0,29	0,26			

		120		K	<b>( = 1</b> ,	25					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,95	0,92	0,88	0,86	0,90	0,88	0,85	0,87	0,85	0,84
	В	0,91	0,85	0,81	0,78	0,84	0,80	0,78	0,80	0,77	0,75
	С	0,86	0,79	0,74	0,70	0,78	0,73	0,69	0,72	0,69	0,67
	D	0,82	0,74	0,68	0,63	0,72	0,67	0,62	0,66	0,62	0,60
Classe	Ε	0,78	0,68	0,61	0,56	0,67	0,60	0,55	0,60	0,55	0,53
luminaires	F	0,78	0,69	0,62	0,57	0,67	0,61	0,56	0,60	0,56	0,54
	G	0,74	0,63	0,55	0,49	0,61	0,54	0,49	0,53	0,48	0,46
	Н	0,71	0,60	0,52	0,45	0,58	0,51	0,45	0,50	0,44	0,42
	_	0,71	0,60	0,51	0,44	0,58	0,50	0,44	0,49	0,43	0,41
	J	0,66	0,53	0,44	0,36	0,51	0,43	0,36	0,42	0,36	0,33

		-0	-	K	= 1,	25					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,94	0,90	0,87	0,85	0,90	0,87	0,85	0,87	0,85	0,84
	В	0,89	0,84	0,80	0,77	0,83	0,80	0,77	0,79	0,77	0,75
	С	0,84	0,77	0,72	0,69	0,76	0,72	0,69	0,72	0,68	0,67
	D	0,80	0,72	0,66	0,62	0,71	0,66	0,62	0,65	0,62	0,60
Classe	E	0,76	0,66	0,60	0,55	0,65	0,59	0,55	0,59	0,55	0,53
luminaires	F	0,76	0,67	0,61	0,56	0,66	0,60	0,56	0,60	0,56	0,54
	G	0,71	0,61	0,54	0,48	0,60	0,53	0,48	0,53	0,48	0,46
	Н	0,69	0,58	0,50	0,44	0,57	0,50	0,44	0,49	0,44	0,42
	- 1	0,68	0,57	0,49	0,44	0,56	0,49	0,43	0,48	0,43	0,41
	J	0,63	0,51	0,42	0,36	0,50	0,42	0,35	0,41	0,35	0,33

				K	= 1,	50					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,97	0,93	0,90	0,88	0,92	0,90	0,87	0,89	0,87	0,85
	В	0,93	0,89	0,84	0,81	0,87	0,83	0,81	0,82	0,80	0,78
	C	0,89	0,83	0,78	0,74	0,81	0,77	0,73	0,76	0,73	0,71
	D	0,85	0,78	0,72	0,68	0,75	0,71	0,67	0,70	0,66	0,64
Classe	E	0,82	0,73	0,67	0,61	0,71	0,66	0,61	0,65	0,60	0,58
luminaires	F	0,83	0,75	0,69	0,63	0,73	0,67	0,63	0,66	0,62	0,60
	G	0,78	0,68	0,61	0,55	0,66	0,60	0,54	0,58	0,54	0,51
	Н	0,75	0,65	0,57	0,50	0,63	0,55	0,50	0,54	0,49	0,46
	T	0,76	0,65	0,57	0,51	0,63	0,56	0,50	0,55	0,50	0,47
	J	0,70	0,58	0,49	0,41	0,56	0,47	0,41	0,46	0,40	0,37

	K = 1,50													
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	0,96	0,92	0,89	0,87	0,91	0,89	0,87	0,88	0,86	0,85			
	В	0,92	0,87	0,83	0,80	0,86	0,83	0,80	0,82	0,80	0,78			
-	С	0,87	0,81	0,76	0,73	0,80	0,76	0,73	0,75	0,72	0,71			
	D	0,84	0,76	0,71	0,67	0,75	0,70	0,66	0,70	0,66	0,64			
Classe	Е	0,80	0,72	0,65	0,61	0,70	0,65	0,60	0,64	0,60	0,58			
luminaires	F	0,81	0,73	0,67	0,63	0,72	0,67	0,62	0,66	0,62	0,60			
	G	0,76	0,66	0,59	0,54	0,65	0,59	0,54	0,58	0,53	0,51			
	Н	0,73	0,63	0,55	0,49	0,61	0,54	0,49	0,54	0,49	0,46			
	1	0,74	0,63	0,56	0,50	0,62	0,55	0,50	0,54	0,49	0,47			
	J	0,68	0,56	0,47	0,40	0,54	0,46	0,40	0,45	0,40	0,37			

					K = 1	2					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	1,00	0,97	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,92	0,90	0,87
	В	0,97	0,93	0,90	0,87	0,91	0,88	0,86	0,87	0,85	0,83
	C	0,93	0,88	0,84	0,81	0,86	0,83	0,80	0,82	0,79	0,77
	D	0,91	0,85	0,80	0,75	0,83	0,78	0,75	0,77	0,74	0,71
Classe	E	0,88	0,81	0,75	0,70	0,79	0,74	0,70	0,73	0,69	0,66
luminaires	F	0,89	0,83	0,77	0,73	0,81	0,76	0,72	0,75	0,72	0,69
	G	0,84	0,76	0,69	0,64	0,74	0,68	0,63	0,66	0,62	0,59
	Н	0,81	0,72	0,65	0,58	0,70	0,63	0,58	0,62	0,57	0,54
	1	0,83	0,74	0,67	0,61	0,72	0,66	0,61	0,64	0,60	0,57
	J	0,76	0,65	0,57	0,49	0,63	0,55	0,48	0,53	0,48	0,45

					A =	2					
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	0,99	0,95	0,93	0,91	0,94	0,92	0,90	0,91	0,90	0,89
	В	0,96	0,92	0,88	0,86	0,90	0,88	0,85	0,87	0,85	0,83
-772	С	0,92	0,87	0,83	0,79	0,86	0,82	0,79	0,81	0,78	0,77
41/03	D	0,89	0,83	0,78	0,74	0,82	0,77	0,74	0,77	0,73	0,71
Classe	E	0,86	0,79	0,74	0,69	0,78	0,73	0,69	0,72	0,68	0,66
luminaires	F	0,88	0,81	0,76	0,72	0,80	0,75	0,72	0,74	0,71	0,69
	G	0,82	0,74	0,68	0,63	0,73	0,67	0,62	0,66	0,62	0,59
100	Н	0,80	0,70	0,63	0,57	0,69	0,62	0,57	0,61	0,57	0,54
100 100	1	0,81	0,72	0,66	0,60	0,71	0,65	0,60	0,64	0,59	0,57
	J	0,74	0,63	0,55	0,48	0,62	0,54	0,48	0,53	0,47	0,45

J = 0

## J = 1/3

	K = 2,5												
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
	Α	1,01	0,99	0,97	0,95	0,97	0,95	0,94	0,94	0,93	0,91		
	В	0,99	0,96	0,93	0,90	0,94	0,92	0,90	0,90	0,89	0,87		
	С	0,96	0,92	0,88	0,85	0,90	0,86	0,84	0,85	0,83	0,80		
	D	0,94	0,89	0,84	0,81	0,87	0,83	0,80	0,82	0,79	0,76		
Classe	E	0,92	0,86	0,81	0,77	0,84	0,79	0,76	0,78	0,75	0,72		
luminaires	F	0,93	0,88	0,83	0,79	0,86	0,82	0,78	0,80	0,77	0,75		
	G	0,88	0,81	0,75	0,70	0,79	0,73	0,69	0,72	0,68	0,65		
	Н	0,85	0,77	0,70	0,64	0,75	0,69	0,64	0,67	0,63	0,60		
	1	0,87	0,80	0,74	0,69	0,78	0,72	0,68	0,71	0,67	0,64		
	J	0,80	0,71	0,62	0,55	0,68	0,61	0,54	0,59	0,54	0,50		

	K = 2,5													
Facteur	plaf	70	70	70	70	50	5Ó	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	1,01	0,98	0,96	0,94	0,96	0,95	0,93	0,94	0,92	0,91			
	В	0,98	0,95	0,92	0,89	0,93	0,91	0,89	0,90	0,88	0,86			
	C	0,95	0,90	0,87	0,84	0,89	0,86	0,83	0,85	0,82	0,80			
	D	0,93	0,87	0,83	0,80	0,86	0,82	0,79	0,81	0,78	0,76			
Classe	Е	0,91	0,84	0,80	0,76	0,83	0,78	0,75	0,77	0,74	0,72			
luminaires	F	0,92	0,86	0,82	0,78	0,85	0,81	0,77	0,80	0,77	0,75			
	G	0,87	0,80	0,74	0,69	0,78	0,73	0,68	0,71	0,68	0,65			
	Н	0,84	0,76	0,69	0,63	0,74	0,68	0,63	0,67	0,62	0,60			
	-	0,86	0,79	0,73	0,68	0,77	0,71	0,67	0,70	0,66	0,64			
	J	0,79	0,69	0,61	0,54	0,67	0,60	0,54	0,58	0,53	0,50			

	K = 3													
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	1,03	1,01	0,99	0,97	0,99	0,97	0,96	0,96	0,95	0,93			
	В	1,01	0,98	0,96	0,93	0,96	0,94	0,92	0,93	0,91	0,89			
	С	0,98	0,94	0,91	0,88	0,92	0,89	0,87	0,88	0,85	0,83			
	D	0,96	0,92	0,88	0,84	0,89	0,86	0,83	0,85	0,82	0,80			
Classe	E	0,94	0,89	0,85	0,81	0,87	0,83	0,80	0,82	0,79	0,76			
luminaires	F	0,95	0,91	0,87	0,83	0,89	0,85	0,82	0,84	0,81	0,79			
	G	0,90	0,85	0,79	0,74	0,82	0,77	0,73	0,76	0,72	0,69			
	Н	0,88	0,81	0,75	0,69	0,78	0,73	0,68	0,71	0,67	0,64			
	1	0,91	0,84	0,79	0,74	0,82	0,77	0,73	0,75	0,72	0,69			
	J	0,83	0,75	0,67	0,60	0,72	0,65	0,59	0,63	0,58	0,55			

	K = 3												
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
	Α	1,02	1,00	0,98	0,96	0,98	0,97	0,95	0,96	0,94	0,93		
	В	1,00	0,97	0,94	0,92	0,96	0,93	0,91	0,92	0,91	0,89		
	С	0,97	0,93	0,90	0,87	0,91	0,88	0,86	0,87	0,85	0,83		
	D	0,95	0,90	0,87	0,83	0,89	0,85	0,82	0,84	0,82	0,80		
Classe	E	0,93	0,88	0,84	0,80	0,86	0,83	0,79	0,81	0,79	0,76		
luminaires	F	0,95	0,90	0,86	0,82	0,88	0,85	0,81	0,83	0,81	0,79		
	G	0,90	0,83	0,78	0,73	0,81	0,77	0,72	0,75	0,72	0,69		
	Н	0,87	0,80	0,73	0,68	0,78	0,72	0,67	0,71	0,67	0,64		
		0,90	0,83	0,78	0,73	0,81	0,76	0,72	0,75	0,71	0,69		
	J	0,82	0,73	0,65	0,59	0,71	0,64	0,58	0,63	0,58	0,55		

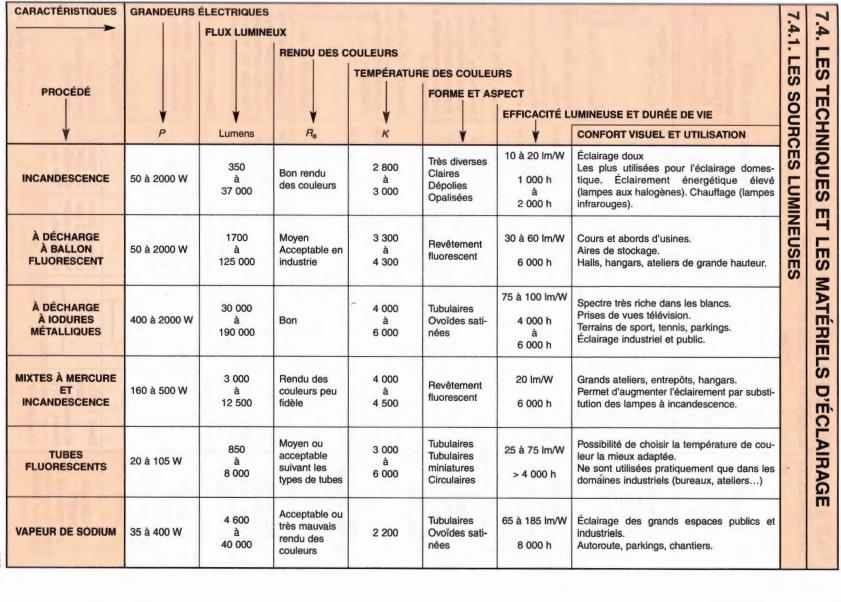
					K=	4					
Facteur	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00
réflexion (%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00
	Α	1,04	1,03	1,01	1,00	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95
	В	1,03	1,00	0,99	0,97	0,99	0,97	0,96	0,96	0,94	0,92
	C	1,00	0,97	0,94	0,92	0,95	0,92	0,90	0,91	0,89	0,87
	D	0,99	0,95	0,92	0,89	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87	0,84
Classe	E	0,98	0,94	0,90	0,87	0,92	0,89	0,86	0,87	0,85	0,82
luminaires	F	0,98	0,95	0,91	0,89	0,93	0,90	0,87	0,88	0,86	0,83
	G	0,95	0,90	0,85	0,81	0,87	0,83	0,80	0,82	0,79	0,76
	Н	0,92	0,86	0,81	0,76	0,84	0,79	0,75	0,77	0,74	0,70
	1	0,95	0,90	0,85	0,81	0,87	0,83	0,80	0,82	0,79	0,76
	J	0,88	0,80	0,73	0,67	0,77	0,71	0,66	0,69	0,65	0,61

	K = 4													
Facteur réflexion	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00			
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00			
	Α	1,04	1,02	1,00	0,99	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95			
	В	1,02	1,00	0,98	0,96	0,98	0,96	0,95	0,95	0,94	0,92			
	С	0,99	0,96	0,93	0,91	0,94	0,92	0,90	0,90	0,89	0,87			
	D	0,98	0,94	0,91	0,88	0,93	0,90	0,87	0,88	0,86	0,84			
Classe	E	0,97	0,93	0,89	0,86	0,91	0,88	0,85	0,87	0,84	0,82			
luminaires	F	0,98	0,94	0,90	0,87	0,92	0,89	0,86	0,88	0,85	0,83			
	G	0,94	0,89	0,84	0,80	0,87	0,83	0,79	0,81	0,78	0,76			
	Н	0,91	0,85	0,80	0,75	0,83	0,78	0,74	0,77	0,73	0,70			
	1	0,94	0,89	0,84	0,80	0,87	0,83	0,79	0,81	0,78	0,76			
	J	0,87	0,79	0,72	0,66	0,76	0,70	0,65	0,69	0,64	0,61			

K = 5												
Facteur	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00	
(%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00	
	Α	1,05	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	0,99	0,97	
3	В	1,04	1,02	1,01	0,99	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	
	С	1,01	0,99	0,96	0,94	0,96	0,95	0,93	0,93	0,91	0,89	
	D	1,01	0,98	0,95	0,93	0,95	0,93	0,91	0,91	0,90	0,87	
Classe	E	1,00	0,97	0,94	0,91	0,94	0,92	0,90	0,90	0,88	0,85	
luminaires	F	1,00	0,97	0,94	0,92	0,95	0,92	0,90	0,91	0,89	0,86	
	G	0,97	0,93	0,89	0,86	0,90	0,87	0,84	0,85	0,83	0,80	
	Н	0,95	0,89	0,85	0,81	0,87	0,83	0,79	0,81	0,78	0,75	
	- 1	0,97	0,93	0,89	0,86	0,91	0,87	0,84	0,86	0,83	0,80	
	J	0,90	0,84	0,77	0,72	0,81	0,75	0,71	0,74	0,69	0,66	

	K=5												
Facteur	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
réflexion (%)	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
	Α	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,00	0,99	0,99	0,97		
	В	1,03	1,02	1,00	0,98	1,00	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94		
	С	1,01	0,98	0,96	0,93	0,96	0,94	0,92	0,93	0,91	0,89		
	D	1,00	0,97	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,91	0,89	0,87		
Classe	Е	0,99	0,96	0,93	0,90	0,94	0,91	0,89	0,90	0,88	0,85		
des Iuminaires	F	0,99	0,96	0,93	0,91	0,94	0,92	0,90	0,90	0,88	0,86		
	G	0,96	0,92	0,88	0,85	0,90	0,87	0,84	0,85	0,82	0,80		
	Н	0,94	0,89	0,84	0,80	0,86	0,82	0,79	0,81	0,78	0,75		
	1	0,96	0,92	0,88	0,85	0,90	0,87	0,84	0,85	0,83	0,80		
	J	0,90	0,83	0,77	0,71	0,80	0,75	0,70	0,73	0,69	0,66		

Catégorie	Туре	Caractéristique générales	Gamme de puissances et de flux	Efficacité lumineuse Durée de vie moyenne	Utilisation	Avantages	Inconvénients	Choix des luminaires	7.3
LAMPES À INCANDESCENCE	Lampes standard	Dépolies ou satinées jusqu'à 200 watts, claires au-delà	40 à 2 000 watts 250 à 40 000 lumens	De 9 à 20 lm/W suivant la puissance. Durée : 1 000 heures	Reste d'un emploi très général     Se prête bien aux éclairages localisés et aux éclairages décoratifs     Permet de réaliser économiquement des installations à faible durée d'utilisation (locaux à occupation intermittente)	Branchement direct sur le secteur sans appareillage inter- médiaire     Prix d'achat peu élevé     Faible encombre-	Efficacité lumineuse relativement faible     Exploitation onéreuse     Exaltation des couleurs chaudes (rouge, jaune)     Dissipation de chaleur	Bureaux • Diffuseurs décoratifs • Réflecteurs décoratifs Ateliers • Réflecteurs industriels	. CHOIX
	Lampes à miroir	Faisceau lumineux dirigé	40 à 300 watts		Est surtout employée encastrée dans des faux plafonds. Prévoir une ventilation suffisante du faux pla- fond.	ment • Allumage instantané	très sensible aux éclaire- ments élevés	en tôle émaillée ou en l aluminium	DES
	Blanc d'industrie ou Blanc 4500	Haute efficacité lumineuse Rendu des couleurs peu fidèle Ambiance colorée peu agréable			Éclairage extérieur     Éclairage industriel : magasins, dépôts où un bon rendu des couleurs n'est pas nécessaire		Ambiance colorée peu agréable	Bureaux • Diffuseurs : – encastrés – semi-encastrés	SOUR
TUBES FLUORESCENTS	Blanc Z ou Blanc BRILLANT « De Luxe »	Bon rendu des couleurs Ambiance colorée agréable	40 à 120 watts	De 25 à 75 lm/W 50 lm/W en moyenne Durée : supérieure à 4 000 heures (si la fré-	Bureaux     Ateliers où un rendu des couleurs acceptable est nécessaire (ambiance). ATTENTION : ce rendu est d'autant moins bon que l'éclairement est faible	Exploitation écono- mique     Permet de réaliser des éclairements élevés	Nécessite un équipe- ment plus complexe et plus encombrant que l'incandescence (appa-	- à suspension     Chemins lumineux     Balcons lumineux (éclairements élevés) Ateliers     Réflecteurs industriels	RCES L
	Blanc « SOLEIL » ou rose de France « De Luxe »	Exalte les teintes chaudes (ambiance confortable)	75 à 8 000 lumens	quence d'allumage n'est pas trop élevée)	Bureaux     Industries alimentaires	Possibilité de choi- sir la teinte la mieux adaptée	reillage auxiliaire)  • A proscrire dans les ateliers de grande hauteur (puissance lumi-	REMARQUES : le mou- lage des tubes par deux (duo) est préférable au montage en mono (effet	OMINE
	Lumière du jour « De Luxe »	Haute fidélité dans le rendu des couleurs à niveau d'éclairement élevé (1 000 lux)			Examen d'échantillons de couleur     Ateliers de peinture     Teinturerie		neuse insuffisante) • Fonctionne mal en ambiance trop chaude ou trop froide	stroboscopique et fac- teur de puissance). Il existe des tubes à réflecteur incorporé.	NEUS
LAMPES À BALLON FLUORESCENT		Rendu des couleurs accep- table en industrie	50 à 2 000 watts 2 000 à 125 000 lumens	30 à 60 lm/W Durée : 6 000 heures	Cours et abords d'usines     Aires de stockage et de triage     Ateliers de grande hauteur, halls, hangars	Bonne efficacité lumineuse     Faible encombre- ment     Durée de vie élevée	• Temps d'allumage : 5 minutes	Ateliers Réflecteurs industriels Extérieur Réflecteurs étanches REMARQUE : il existe des lampes à réflecteur incorporé.	ES
LUMIÈRE MIXTE MERCURE INCADESCENCE		Rendu des couleurs peu fidèle	160 à 500 watts 3 000 à 11 000 lumens	20 Im/W Durée : 6 000 heures	Grands ateliers, entrepôts, hangars     Renforcement d'installations anciennes équipées avec des lampes à incandescence	Aucun appareillage auxiliaire     Substitution immé- diate aux lampes à incandescence	N'existe qu'en 220 volts     Efficacité lumineuse inférieure à celle des tubes fluorescents     Temps de réallumage : 5 minutes	Ateliers • Réflecteurs industriels en tôle émaillée ou en aluminium Extérieur • Réflecteurs étanches	
LAMPES À VAPEUR DE SODIUM BASSE PRESSION		Lumière jaune Très mauvais rendu des couleurs	40 à 200 watts 2 500 à 30 000 lumens	La meilleure efficacité : de 80 à 150 lm/W Durée : 3 000 à 5 000 heures	Espaces découverts, atmosphères chargées de fumées, de vapeur, de poussières (chaufferies, fonderies, ateliers de laminage, caves à char- bon)	Visibilité meilleure par temps de brouillard     Exploitation écono- mique	Impossibilité de dis- tinguer les couleurs sous la lumière mono- chromatique jaune     Hostilité fréquente du personnel	Ateliers • Réflecteurs industriels ATTENTION : ce type de lampe ne fonctionne que dans une position voisine de l'horizontale	(D'après
LAMPES À VAPEUR DE SODIUM HAUTE PRESSION		Lumière dorée Rendu des couleurs accep- table	250 à 400 watts 20 000 à 40 000 lumens	80 à 100 lm/W	Éclairage de grands halls     Éclairage extérieur	Haute efficacité	Gamme de puissance réduite	Réflecteurs ou projecteurs	s EDF)



CARACTÉRISTIQUES	RENDEMENT FT	CLASSE DES LUN	IINAIRES		
	I LINDEINER L	FORME	III TAII ILO		
			ASPECT ÉCONO	OMIQUE	
				PUISSANCE D	ES I AMPES
PROCÉDÉ V	classe des luminaires : D. E. H. G. J.			Poissance	CONFORT VISUEL ET UTILISATION  - Classe des matériels - Indice de protection IP - Catégorie du matériau
ÉCLAIRAGE DIRECT Réflecteur industriel en aluminium brianté pour ballon fluorescent	Direct : 0,70 (D)		Facilité de pose. Facilité de rem- placement des lampes. Possibilité de grille de protec- tion.	Lampes de 80 W à 400 W.	- Locaux industriels Grands halls.  Classe 1, IP 20, M1
ÉCLAIRAGE DIRECT Réflecteur industriel en tôle laquée à deux tubes fluorescents	Mono Direct : 0,77 (E) Duo Direct : 0,73 (E)		Facilité de pose. Facilité de rem- placement des tubes.	Mono: 73,5 ou 105 W Duo: 2 x 73,5 W ou 2 x 105 W	Éclairage des grands locaux. – Industries, – Grandes surfaces com- merciales. Classe 1, IP 30, IK 00, M1
ÉCLAIRAGE DIRECT Luminaire encastré vasque pour tubes fluorescents	Duo Direct : 0,52 (E) Quatro Direct : 0,45 (E)		Prêt à la pose (entièrement câblé). Caisson en tôle. Pour faux pla- fonds.	2 x 36/40 W 2 x 58/65 W 4 x 18/20 W	Très bonne diffusion, absence d'ombres dures. Ambiance confortable. Locaux administratifs et commerciaux.  Classe 1, IP 30, IK 04, M4
ÉCLAIRAGE DIRECT LOCALISÉ Spots	Semi-intensif Direct : 0,80 (C) Semi-extensif Direct : 0,70 (D)		Pose facile. Prix intéressant.	Lampe sodium HP 250 ou 400 W	Applications diverses, industrielles.  Classe 1, IP 20, M1
ÉCLAIRAGE SEMI-DIRECT Plafonnier diffuseur Vasque opalisée pour tubes fluorescents	Mono Direct : 0,48 (H) Indirect : 0,24 (J) Duo Direct : 0,46 (G) Indirect : 0,16 (J)		Prêt à la pose (entièrement câblé). Bonne tenue au vieillissement. Remplacement facile des tubes	2 x 36/40 W	Bon rendement et bonne distribution photométrique. Ambiance confortable. Éclairage de bureaux, de locaux administratifs. Classe 1, IP 40, IK 04, M4
ÉCLAIRAGE MIXTE Diffuseur en verre pour lampe à incandes- cence avec base ouverte			Facilité d'instal- lation et de main- tenance (accès direct à la lampe).	60 W 100 W	Commerces, hôtellerie, restaurants, cafétérias, circulation.
ÉCLAIRAGE DIRECT ET INDIRECT Luminaire suspendu à deux tubes fluores-	Direct: 0,53 (D) 0,36 (D) en suspension Indirect: 0,01 (J) 0,46 (J) en suspension		Pose en plafon- nier par 2 bou- tonnières ou par suspension.	2 x 18/20 W 2 x 36/40 W 2 x 58/65 W Type duo	Esthétiques, utilisés dans les bureaux. Déparasité.
cents					Classe 1, IP 20, IK 07, M1

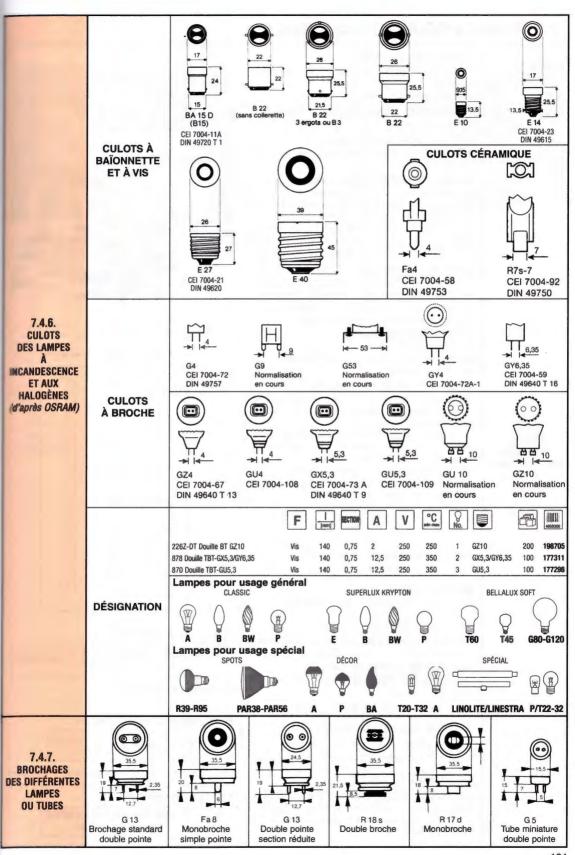
	APTITUDES	FONCTIONNEMENT						
-	TYPE		ET	Lampes + ballasts	EUR m)	APPLICATIONS		
ÉLECTRONIQUE (BE)	SANS STARTER	Allumage franc et instantané. Augmentation considérable de la longévité des lampes. Alimentation sous tension continue possible. Coupure de l'alimentation en cas de défaillance des lampes ou des composants. Système d'alimentation haute fréquence remplaçant le ballast inductif et le starter.	18 18 36 58	/ 18* / 36	/ 590 / 590 /1 200 /1 500	Augmentation de l'efficacité des lampes. Allumage instantané. Pas d'effet stroboscopique. Pas de scintillement. En général, un seul ballast pou 2 lampes fluorescentes. Lampes Argon ou Kripton. Antiparasitage efficace. Économies d'énergie importantes Facteur de puissance > 0,95.		
	AVEC STARTER ÉLECTRONIQUE	Allumage franc et rapide. Système électronique. Élimination des tentatives d'amorçage répétées des lampes défaillantes. Convient à un montage tandem. Différents modèles pour différentes puissances de lampe.				Augmentation de la longévité de starter. Augmentation de la longévité de lampes. Réenclenchement automatique.		
AVEC BALLAST INDUCTIF (BS OU BFP)	AVEC STARTER DE SÉCURITÉ À ALLUMAGE RAPIDE	Allumage assez rapide. Bilame + diode + système mécanique de disjonction. Élimination des tentatives d'amor- çage répétées des lampes défaillantes. Un seul type de starter pour des lampes de 18 W et 65 W.	18 / 18 / 36 / 58 /	/ 23* / 46 / 71  BFP / 24 / 21*	/ 590 / 590 /1 200 /1 500 / 590 / 590	Augmentation de la longévité de starter.  Ne convient pas à un montage tandem.		
AVE	AVEC STARTER CONVENTIONNEL	Un seul type de starter pour des lampes de 4 W à 80 W. Principe de la bilame.	58		/1 200 /1 500	Starter spécial pour montage tan dem.		

APTITUDES	FORME	ASPECT	CULOTS			
TYPE	0	-		PUISSANC	1	
					FLUX LUM	I amount of the second of the
*	+	<b>\</b>	+	Watts	Lumens	UTILISATIONS OBSERVATIONS
LAMPES STANDARD Type A		Claires Dépolies Opalisées	B 22 E 27	B 22 E 27 40 40 60 60 75 75 100 100 120 200	420 à 3 040	Reste d'un empoi très général. Branchement direct sur le secteur sans appareillage. Allumage instantané. Faible encombrement.
LAMPES AU KRYPTON Type E et P	8	Dépolies Opalisées	E 27 B 22 E 14	E P 40 25 60 40 75 60 100	220 à 1 420	Remplace avantageusement la lampe standard pour un encombrement identique.
LAMPES SPHÉRIQUE P ET FLAMME B	99	Claires Dépolies	E 14 E 27 B 22	P B 25 25 40 40 60 60	200 à 660	Pour appliques ou pour lumi- naires décoratifs.
LAMPES FLAMME B FLAMME BW	20	Claires Dépolies	E 14	B BW 25 25 40 40 60 60	200 à 720	Pour appliques ou pour lumi- naires décoratifs.
LAMPES STANDARD T 60 SPHÉRIQUE T 45		Dépolies	E 14 E 27	T60 T45 40 25 60 40 75 100	195 à 1 200	Elégance visuelle appréciée Existe en couleur.
LAMPES GLOBE G	0	Dépolies	E 27	60 100	490 à 890	Lampe à incandescence décorative de grand diamètre.
LAMPES À RÉFLECTEUR INCORPORÉ Type A et R39		Claires Dépolies	E 14 E 27	A R33 25 30 40 40 60 60 75 100 100	180 à 1 350	Lampes à faisceau lumineux dirigé. Pour spots encastrés dans les faux plafonds avec une ventilation.
LAMPES À RÉFLECTEUR PAR 38 LAMPE TUBE		Claires Dépolies	E 27 E 14 B 22	PAR- Tube 38: 60 15 80 25 40 120 60	100 à 9 800	Lampes PAR 38 pour spots. Existe en couleur. Lampes tubes pour appareils domestiques.
LAMPES VEILLEUSE CÉRAM	Pul	Dépolies	E 14 B 22 B 15 d	Veil. Céram 10 25 13 à 25 250	30 à 4 350	Lampes veilleuse utilisées pour les appareils électro- ménagers. Utilisées sans verre de protec- tion, verre anti UV

						D'après OSRAM
TYPE	FORME	ASPECT	CULOTS	PUISSANC	E FLUX LUM	IINEUX
Y	Ψ	*	Y	Watts	Lumens	OBSERVATIONS
LAMPES LINOLITE		Claires Dépolies	culots latéraux ou aux extrémités	35 40 60 75 120	240 à 840	Pour appliques domestiques (miroirs, salles de bains, placards).
LAMPES TUBULAIRES À QUARTZ ET BASSE PRESSION	19	Claires	B 75 Fa 4 G 4 GY 6, 35	Tub. B P 60 5 à à 2 000 90	60 à 44 000	Éclairements énergétiques élevé. Fonctionnement sans trace de graisse. θ de fonctionnement : 600° C Très basse Tension.
LAMPES À QUARTZ HAUTE PRESSION SPOTS	119	Claires	HP SPOT G4 GU. GY. 5,3 6,35	HP SPOTS 40 20 20 35 50 50 100 150	140 à 15 000	- Éclairement énergétique élevé Economie d'énergie Très basse tension Protègent des UV.
LAMPES FLUOCOMPACTES À ALIMENTATION ÉLECTRONIQUE	AD	Dépolies	E 14 E 27	5 7 7 9 11 10 11 15 20	140 à 1 500	Longue durée de vie     Ne chauffe pas.     Economie d'énergie     Lumière douce et agréable.
LAMPES GLOBE ET STANDARD À ALIMENTATION ÉLECTRONIQUE	PA	Dépolies	E 27	Globe Stand 15 10 20 14	500 à 1 100	Longue durée de vie     Ne chauffe pas.     Economie d'énergie     Lumière douce et agréable.
TUBES FLUORESCENTS T5.HE Ø 16 HAUT RENDEMT Ø 26	11/	Dépolies	G 5 G 13	14 21 10 28 à 35 58	650 à 5 200	Haute efficacité     Longue durée de vie     Plusieurs nuances de lumières agréables et naturelles.
LAMPES AUX HALOGÈNES	90	Claires Dépolies	E 27	73 100 150	4 900 à 11 400	<ul> <li>Bon rendu des couleurs</li> <li>Protégées contre les explosions.</li> <li>Teintes agréables.</li> <li>Éclairage des halls entrepôts, usines</li> </ul>
LAMPES À VAPEUR DE SODIUM HP		Claires Dépolies	E 27 E 40 BY 22 d	60 2 à à 600 185	1 800 à 90 000	Grande efficacité lumineuse     Longue durée de vie     Très mauvais rendu des couleurs.     Espaces découverts (parking)
LAMPES À VAPEUR DE MERCURE HAUTE PRESSION	90	Dépolies teintées Dépolies	E 27 E 40	50 50 80 80 125 125 250 400	1 600 à 24 000	<ul> <li>Les lampes teintées donnent le rendu des lampes à incan- descence.</li> <li>Éclairage des lieux publics ou industriels.</li> </ul>

-		
~	_	
7	2	
PES	æ	
S	Z	
	$\overline{\Omega}$	В
品	=	7.0
	₹	•
=	2	•
$\subseteq$	AUX	
UBES	×	
200		

		DIME	RIONS				K					FLUX L	UMINEUX	- 5		
TYPE DE TUBE	PUISSANCE	Ø	L mm	CULOT	Ra	1	2	3	CHROMA CONFORT 82	CHROMA SOLEIL 83	CHROMA BRILLANT 84	BLANC SOLEIL 82	BLANC BRILLANT 34	LUMIÈRE DU JOUR 55	CHROMA BRILLANT 34	BLANC INDUST 33
Lampes fluorescentes chroma-	18	26	500	G 13	85	2 700	0 000	4 000	1 300 (1)	1 450 (2)	1 450 (3)					
tiques, haut rendement, allumage	30	26	894	G 13	85	2 700			2 300 (1)							
par starter	36	26	1 200	G 13	85	2 700	3 000	4 000	3 250 (1)	3 450 (2)						
	50	26	1 500	G 13	85	2 700	3 000	4 000	5 250 (1)	5 400 (2)	5 400 (3)					
Lampes fluorescentes chroma-	8	15	288	G 5	85	2 700			450 (1)							
tiques, haut rendement allumage par starter, miniature	13	15	517	G 5	85	2 700			1 000 (1)							
Gamme chromatique, standard,	20	38	590	G 13	85-92*	3 000	4 000	6 500				850 (1)	850 (2)	800 (3)*	16	
allumage par starter	30	38	894	G 13	85	3 000	4 000					2 100 (1)	( )			
	40	38	1 200	G 13	85-92*		4 000	6 500					2 100 (2)	2 000 (3)*		
	65	38	1 500	G 13	85-92*	3 000	4 000	6 500				3 250 (1)	3 300 (2)	3 300 (3)*		
Gamme chromatique standard,	32	305			85			4 000						1 400 (3)		
circulaire, allumage par starter	40	410			85			4 000						1 950 (3)		
Gamme chromatique standard, allumage instantané	20	38	590	G 13	85	-	4 000		-	_			800 (2)		-	
	40	38	1 200	G 13	85	3 000	4 000		1			2 100 (1)	2 100 (2)			
	65	38	1 500	G 13	85	3 000	4 000			-		3 200 (1)	3 200 (2)			
Gamme chromatique standard,	20	38	590	R 18 S	85		4 000		-				720 (2)			
allumage instantané	40	38	1 200	R 18 S	85		4 000			***			1 800 (2)			
Gamme chromatique haut rende-	20	38	590	G 13	86			4 000							720 (3)	
ment, allumage instantané	40	38	1 200	G 13	86			4 000							2 900 (3)	
	65	38	1 500	G 13	86			4 200							4 900 (3)	
Gamme industrielle allumage par	14/16	26	360	G 13	66			4 200			-					750 (3)
starter	18	26	590	G 13	66			4 200								1 200 (3)
	36	26	1 200	G 13	66			4 200								3 100 (3)
	58	26	1 500	G 13	66			4 200								5 000 (3)
Gamme industrielle allumage ins-	20	38	590	G 13	66		-	4 200								1 100 (3)
tantané	40	38	1 200	G 13	66	******		4 200								2 900 (3)
	65	38	1 500	G 13	66			4 200								4 900 (3)
Gamme industrielle allumage instantané	20	38	590	R 18 S	66			4 200								1 000 (3)
	40	38	1 200	R 18 S	66			4 200								2 500 (3)
Gamme industrielle lampe minia- ture, allumage par starter		15	212	G 5	66			4 200								300 (3)
ture, anumage par starter	8	15	288	G 5	66			4 200		-						450 (3)
Commo industriallo allum !	13	15 38	517	G 5	66 66	-		4 200	-	-					-	950 (3)
Gamme industrielle allumage ins- tantané	20 40	38	590	Fa8	66			4 200 4 200								1 000 (3)
Gamme industrielle, circulaire,	32	305	1 200	ras	66			4 200							-	2 525 (3)
allumage instantané	40	410			66	-		4 200							-	2 050 (3) 2 900 (3)
	40	410			00			4 200								2 900 (3)



### 7.5. AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

#### **DIMENSIONS DU LOCAL:**

Long. (a): 9 m, largeur (b), 6 m, hauteur (h), 2,85 m.

### TEINTES:

Plafond blanc, murs jaune clair, sol clair.

### ÉCLAIREMENT (E) UNIFORME SOUHAITÉ :

### 500 lux - Tableau § 7.2.4.

CHOIX DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE : Semi-direct pour assurer une bonne diffusion de la lumière.

### CHOIX DE LA SOURCE DE LUMIÈRE :

Le tableau des sources lumineuses § 7.4.1. indique que les tubes fluorescents fournissent une température de couleur de 3 000 à 6 000 K.

Tubes retenus : le tableau § 7.4.5. donne un tube « blanc brillant de luxe » 3 500 K et  $R_{\rm a}=83$ . Il confirme que le  $R_{\rm a}>80$  convient pour l'éclairement d'un bureau.

### **CHOIX DES LUMINAIRES:**

Luminaires semi-encastrés à répartition semi-directe de la lumière, le tableau « Type de réflecteurs » § 7.2.15 indique la classe H et un rendement  $\eta$  de 0,48 pour les plafonniers diffuseurs opale.

#### **CONFORT DE L'AMBIANCE:**

La courbe de Kruithof § 7.2.10 donne, pour un éclairement de 500 lx, une température de couleur de 3 000 à 5 000 K

#### **IMPLANTATION DES LUMINAIRES:**

Le bureau est moderne. Pour des raisons d'esthétique, on adopte le système des chemins lumineux hauteur des sources : h = 2 m.

Le tableau « Répartition des lumières » § 7.2.13. Indique, pour une classe H, une interdistance maximale de 1,50 h, d'où  $e=150\times2\times3$  m.

On pourra donc disposer 3 rangées distinctes de 2 m. Le nombre de réflecteurs par rangée (réflecteurs classiques pour tubes de 1,20 m) est donc :

$$n = \frac{900}{120} = 7$$

Soit un nombre total de réflecteurs de :

$$N=7\times3=21$$

### INDICE DU LOCAL (K):

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{6 \times 9}{2(6+9)} = 1.8$$

La tableau « Facteurs de réflexion » § 7.2.2. donne : placard = 75 % murs = 50 %

#### FACTEUR DE DÉPRÉCIATION (d):

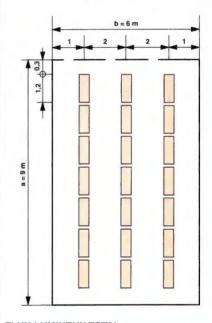
Les courbes de dépréciation des luminaires (d) § 7.2.6. indiquent :

#### RAPPORT DE SUSPENSION (J):

$$J = \frac{H - h}{H} = \frac{2,85 - 2}{2,85} = 0,29 \approx 1/3$$

**RENDEMENT**  $\eta=0.48$  (voir ci-dessus) : Les TABLEAUX D'UTILANCE (*U*) § 7.2.16. indiquent, pour : J=1/3, pour K=1,8, pour la classe H, pour des facteurs de réflexion de 75 à 50 une valeur  $U \sim 0.70$ .





### **FLUX LUMINEUX TOTAL:**

$$F = \frac{E \cdot S \cdot d}{\eta \cdot U} = \frac{500 \times 54 \times 1{,}3}{0{,}48 \times 0{,}70} = 100\ 000\ \text{Im}$$

S = Surface du local en m2

#### **FLUX LUMINEUX PAR SOURCE:**

$$f = \frac{F}{N} = \frac{100\ 000}{21} = 5\ 000\ \text{Im}$$

Les catalogues des tubes fluorescents indiquent pour un luminaire en 2 tubes de 1,20 m, une puissance par tube de 60 W.

> ON UTILISERA DEUX LAMPES PAR RÉFLECTEUR

7.5.1.

**EXEMPLE** 

**BUREAU DE** 

DACTYLOGRAPHIE

### **DIMENSIONS DU LOCAL:**

Long. (a): 65 m, largeur (b): 28 m, hauteur: (h): 7,5 m

#### TEINTES :

Plafond jaune, murs ciment peint en jaune.

### ÉCLAIREMENT BIEN RÉPARTI SOUHAITÉ (E):

Éclairement retenu : 300 lux - Tableau § 7.2.4

### CHOIX DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE ET DES SOURCES:

Nécessité de suspendre les sources le plus haut possible (éclairement uniforme) ce qui laisse une hauteur de 7 m.

Bon rendu des couleurs non nécessaire.

Grande durée journalière d'utilisation d'où choix de ballons fluorescents. Tableau § 7.4.1.

### **CHOIX DES LUMINAIRES**

Le tableau « Type de réflecteur » § 7.2.15. donne un réflecteur en tôle émaillée pour lampes ballon « extensif » Classe D,  $\eta$  = 0,71.

### IMPLANTATION ET NOMBRE DE LUMINAIRES :

Compte tenu de la hauteur des luminaires et de la classe des réflecteurs, l'espace maximal entre deux rangées voisines est de (Tableau « Répartition des luminaires » § 7.2.13.):

$$e = 1.20 \times 7 = 8.4 \text{ m}$$

On pourra donc disposer : 4 rangées distantes de 7 m.

et  $\frac{65}{8.4}$  ~ 8 luminaires par rangée.

Soit au total :  $8 \times 4 = 32$  luminaires

### INDICE DU LOCAL (K):

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{28 \times 65}{7(28+65)} = 2,8$$

Le tableau « Facteurs de réflexion » § 7.2.2. donne : plafond = 50 % murs = 50 %

#### FACTEUR DE DÉPRÉCIATION (d):

Les courbes de dépréciation des luminaires (d) § 7.2.6. indiquent :

d = 1,3

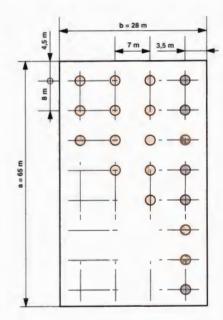
### RAPPORT DE SUSPENSION (J):

$$J = \frac{H - h}{H} = \frac{7,5 - 7}{7,5} \approx 0$$

### **RENDEMENT** $\eta = 0.71$ (voir ci-dessus) :

Les **tableaux d'utilance** (U), § 7.2.16, indiquent pour : J = 0, pour K = 2.8, pour la classe D, pour des facteurs de réflexion de 50 et 50, une valeur U = 0.89.





#### FLUX LUMINEUX TOTAL:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot d}{\eta \cdot U} = \frac{300 \times 1820 \times 1{,}3}{0{,}71 \times 0{,}89} = 1123278 \text{ Im}$$

S =Surface du local en  $m^2$ .

#### **FLUX LUMINEUX PAR SOURCE:**

$$f = \frac{F}{N} = \frac{1123278}{32} = 35000 \text{ Im}$$

Les catalogues conduisent au choix d'un ballon fluorescent d'une puissance de 400 W.

7.5.2. EXEMPLE HANGAR INDUSTRIEL

### SALLE DE CLASSE

Longueur 8.60 m. largeur 6.85 m. hauteur 3 m. Murs clairs, plafond blanc, durée d'utilisation annuelle : 700 h Niveau d'éclairement recommandé : 300 lx

### **CALCULS COMMUNS AUX DEUX PROJETS**

d'où u = 0.46

Détermination du flux lumineux

$$F = \frac{ESd}{u}$$
,  $E = 300 \text{ lx}$ ,  $S = 59 \text{ m}^2$   $j = \frac{6.85 \times 8.60}{1.7 (6.85 + 8.60)} = 2.3$ 

coefficient de déperdition d = 1.3(le plus couramment utilisé)

Indice du local 
$$i = \frac{ab}{h(a+b)}$$

$$h = 3 - (0.85 + 0.45) = 1.7 \text{ m}$$

plan utile par rapport à la suspension

PROJET EN FLUORESCENCE

### PROJET EN INCANDESCENCE

Nous retiendrons : 18 lampes de 200 W en

- dispositions des luminaires suivant figure ci-des-

- on vérifie que :  $L \le 1.5 h = 1.5 \times 1.7 = 2.55 m$ 

Coefficient de réflexion des murs : 50 %

 $F = \frac{300 \times 59 \times 1{,}3}{0.46} \approx 50\ 000\ \text{Im}$ 

3 rangées de 6 luminaires

Coefficient de réflexion du plafond : 75 %

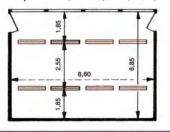
- Choix du système d'éclairage : semi-direct pour - Le flux lumineux est : 50 000 lm
- assurer une bonne diffusion. - Lampes couramment utilisées dans une salle de - Choix de la source de lumière : tubes fluoresclasse: puissance 200 W, flux lumineux 2 950 lm. cents (40 W - 1,20 m) ou (65 W - 1,50 m) - Nombre de sources :

Nombre de tubes :

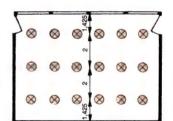
tubes de 40 W 
$$\frac{50\,000}{2\,100} \simeq 24$$
 tubes de 60 W  $\frac{50\,000}{3\,200} \simeq 15$ 

Nous retiendrons 16 tubes de 65 W en 8 luminaires de 2 tubes, cette solution est moins onéreuse que 24 tubes en 12 luminaires

- disposition des luminaires : deux rangées de quatre luminaires suivant figure ci-dessous
- on vérifie que :  $L \le 1,5 h = 1,5 \times 1,7 = 2,55 m$



REMARQUE: nous avons utilisé 16 tubes fluorescents au lieu de 15 calculés, le nouvel éclairement sera donc :



$$E = \frac{Fu}{Sd} = \frac{3200 \times 16 \times 0,46}{59 \times 1,3} \approx 310 \text{ lx}$$

 $65 \times 16 = 1040 \text{ W}$ puissance installée : tubes  $26 \times 8 = 208 \text{ W}$ 

TOTAL ≈ 1 250 W

### **BILAN DES DEUX PROJETS (en euros)**

- 0,06 | prix d'un tube de 65 W - prix du kilowatt
- prix d'une lampe à incandescence (200 W) 1,07
- 7,62 - prix du luminaire sans la lampe 1 000 h - durée de vie d'une lampe
- coût de l'installation dans les deux cas 304,90

- prix d'un luminaire sans tube
- 45.73 4 000 h

3,05

- durée de vie des tubes - amortissement sur 10 ans
- (tubes et lampes non compris)

L'INDICE DE BASE EST DE 1

7.5.3. ÉTUDE **COMPARATIVE DE DEUX PROJETS** D'ÉCLAIRAGE

CHARGES DE PREMIER INVESTISSEMENT	INCANDESCENCE	FLUORESCENCE
Appareils	(1,07 + 7,62) 18 = 156,42	(45,73 + 6,10) 8 = 414,64
Installation	304,90	304,90
Total	461,32	719,64
CHARGES ANNUELLES		
Amortissements	$\frac{(7,62 \times 18) + 304,90}{10} = \underline{\qquad} 44,21$	$\frac{(45,73\times8)+304,90}{10} = \underline{\qquad} 67,08$
Remplacement des lampes	$1,07 \times 18 \times \frac{700}{1000} = $ 13,45	$305 \times 16 \times \frac{700}{4000} =854$
Consommation	$0,06 \times 0,2 \times 18 \times 700 = \frac{151,20}{208,86}$	0,06[(0,065 × 16) + (0,026 × 8)]700 = 53,36 TUBES BALLASTS 128,97

			100	LO DALL	1010 120,07			
BILAN COMPARATIF	CHARGES DE PREMIER	PRIX À L'UTILISATION						
BILAN COMPANAII	INVESTISSEMENT	1 an	1 an 2 ans 3 ar		4 ans			
INCANDESCENCE (a)	461,32	208,86	417,72	626,58	835,44			
FLUORESCENCE (b)	719,54	128,97	257,94	386,91	515,88			
DIFFÉRENCE a-b	- 258,22	+ 79,89	+ 159,78	+ 239,67	+ 319,56			
BILAN		- 178,33	- 98,44	- 18,55	+ 61,34			

Le tableau du BILAN COMPARATIF fait apparaître que le COÛT À L'UTILISATION d'un équipement en FLUORESCENCE permet d'amortir les charges supplémentaires de premier investissement au bout de quatre ans.

- Le logiciel permet différentes simulations d'éclairement à partir de paramètres entrant dans tout avantprojet d'éclairage.
- · Exemple :
- Caractéristiques du local :

Longueur X: 7,2 m; Largeur Y: 4,8 m; Hauteur H: 3 m; Distance plan utile/sol: 0,85 m.

- Facteurs de réflexion :

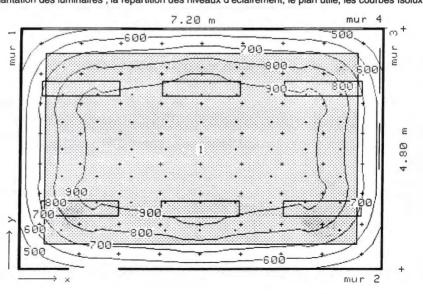
Plafond: 0,7; Sol: 0,2; Mur 1: 0,5; Mur 2: 0,5; Mur 3: 0,5; Mur 4: 0,5.

- Luminaires et lampes :

Luminaire 5082 W-RST/58 ; Lampe : 2 x L 58 W/21  $\rightarrow$  10 800 lm.

- Le logiciel peut donner : (pour un éclairement mini de 500 lx du local entier)
  - l'implantation des luminaires ; la répartition des niveaux d'éclairement, le plan utile, les courbes Isolux.

7.5.4.
AIDE A
L'ÉTABLISSEMENT
D'UN
AVANT-PROJET
D'ÉCLAIRAGE
(LOGICIEL
TRILUX)



Local entier: E min: 403 lx; E max: 1 004 lx; E moyen: 797 lx
 Zone utile: E min: 724 lx; E max: 998 lx; E moyen: 883 lx

- Implantation des luminaires :

Lignes i	Luminaires (No - réf.)	Distance Y <sub>i</sub>	Distance X <sub>i</sub> 1 <sup>er</sup> lum	Distance S <sub>i</sub> entraxe ligne i	Distance bord à bord	
1	3 * 5082 W - RST/58	1,2 m	1,2 m	2,4 m	0,85 m	
2	3 * 5082 W - RST/58	3,6 m	1,2 m	2,4 m	0,85 m	

Note : Il est possible de connaître l'éclairement réel en tout point du local.

### La répartition des niveaux d'éclairement suivant des lignes $X_i$ ou $Y_i$ :

Définition des lignes.

(A)

(B)

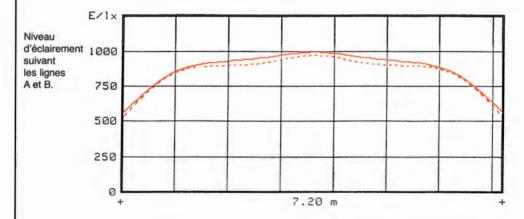
Coordonnées des lignes :

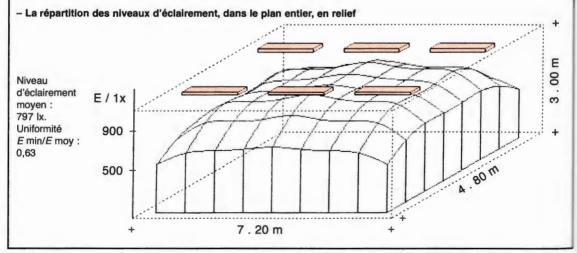
ligne A :  $X_d = 0$  m ;  $Y_d = 2.4$  m ;  $X_f = 7.2$  m ;  $Y_f = 2.4$  m ligne B :  $X_d = 0$  m ;  $Y_d = 1.2$  m ;  $X_f = 7.2$  m ;  $Y_f = 1.2$  m

(Indice d: début; Indice f: fin).

Nota: les lignes peuvent être définies suivant X ou suivant Y.

Les valeurs mesurées au niveau des lignes A et B sont données en lux dans le local entier pour un plan utile à 0,85 m du sol.





### 8. LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE

Une installation de chauffage électrique doit être associée à une excellente isolation thermique du bâtiment, à une régulation de chaque plèce et à une aération contrôlée.

### 8.1. DÉMARCHE SIMPLIFIÉE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ

### DONNÉES

- Désignation des pièces ou locaux.
- Température éventuellement souhaitée dans chaque pièce ou local.
- Zone d'habitation.
- Altitude
- Exposition des pièces.
- Nature des matériaux (murs, plafonds, sols).
- Dimensions des pièces ou locaux.
- Type de chauffage souhaité (éventuellement).
- Type de sources de chaleur (éventuellement).
- Emplacements souhaités (éventuellement suivant l'utilisation).

#### BESOINS

- Carte des zones d'implantation (coefficient K<sub>0</sub>). § 8.4.1.
- Températures intérieures de base (t<sub>i</sub>). § 8.4.5.
- Températures extérieures de base (t<sub>e</sub>). § 8.4.4.
- Tableau des coefficients K<sub>c</sub> (dépend du type de construction et de l'exposition de chaque mur). § 8.4.1.
- Caractéristiques thermiques des matériaux (résistance thermique R, conductibilité thermique λ). § 8.6.
- Coefficients correcteurs: § 8.4.2/3
  - en fonction de l'exposition des parois.
- en fonction de l'humidité (jour de pluie),
- en fonction de la hauteur du local.
- Nombre d'occupants.

## LOCAUX SITUÉS À MOINS DE 200 M D'ALTITUDE ET DE MOINS DE 4 M SOUS PLAFOND (volume inférieur à 500 m³)

$$P(kW) = (0.025 \ V \cdot K_g \cdot K_c) - 0.2 \ n$$

$$P(kW) = (0.050 \ V \cdot K_g \cdot K_c) - 0.2 \ n$$

### BUREAUX

### ATELIERS-ENTREPÔTS-MAGASINS

Voir majoration pour altitude et pour grande hauteur sous plafond (§ 8.4.2.)

### LOCAUX DE VOLUMES IMPORTANTS ET DE SITUATION GÉOGRAPHIQUE EXCEPTIONNELLE

$$P(kW) = \sum P_i$$

$$P_{\rm j} = (\Sigma P_{\rm i} \cdot C) + \frac{V(t_{\rm i} - t_{\rm em})}{1000}$$

$$P_{\rm j} = \frac{KS \left(t_{\rm j} - t_{\rm em}\right)}{860}$$

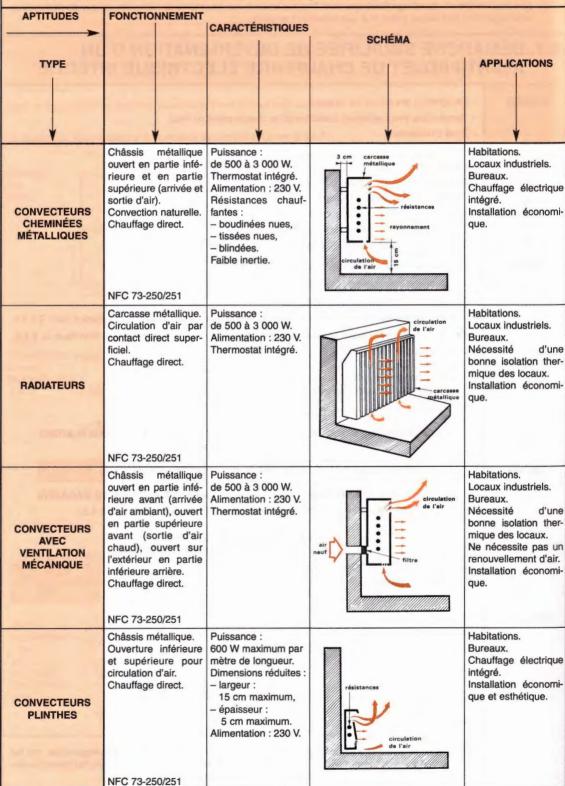
#### RÉSULTATS

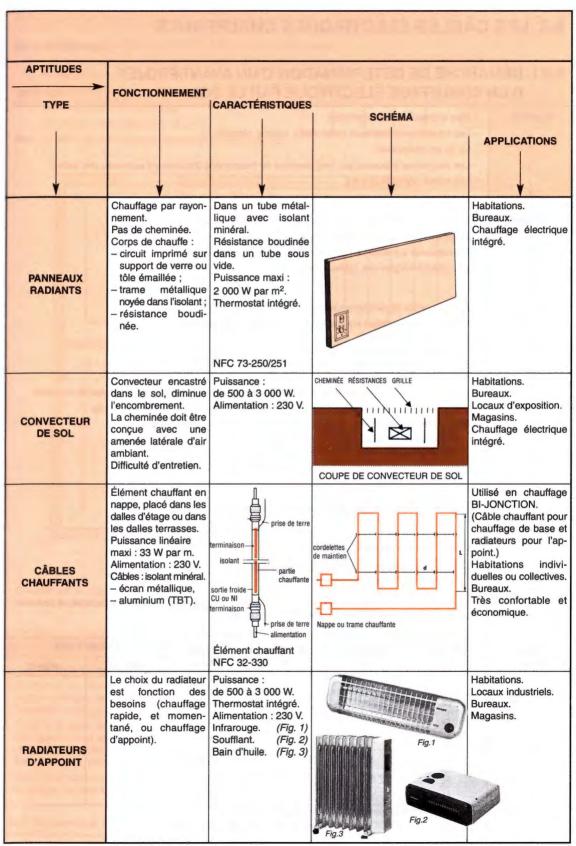
CALCULS

- Puissance à installer (nombre d'appareils).
- Emplacements recommandés.
- Type de fonctionnement :
  - tout ou rien.
  - régulation,
  - programmation,
  - délestage.
- Système d'aération contrôlé.

Note: Une démarche plus élaborée de détermination d'un AVANT-PROJET de chauffage existe, elle fait appel à des données maîtrisées essentiellement par les spécialistes. Cependant, la démarche simplifiée donne des résultats tout à fait acceptables pour les locaux d'habitation.

## 8.2. INFORMATIONS SUR LES ÉLÉMENTS CHAUFFANTS UTILISÉS EN CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ HAUTE ISOLATION (C.E.I.H.)





### 8.3. LES CÂBLES ÉLECTRIQUES CHAUFFANTS

(D'APRÈS TRESCO)

### 8.3.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET D'UN CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE PAR LE SOL

NFC 32-330

#### DONNÉES

- Plan architectural de l'habitation
- Les équipements intérieurs (salle d'eau, cuisine, placards...)
- La ou les cheminées
- Les contraintes imposées par l'entrepreneur de maconnerie (notamment au niveau des dalles)
- Les autres données (§ 8.1.)

#### BESOINS

- Déperditions calorifiques de chaque pièce (voir § 8.1.)
- Surfaces équipables de chaque pièce
- La puissance à installer en respectant les valeurs à ne pas dépasser
- Les caractéristiques des câbles chauffants

#### CALCULS

- Déterminer les déperditions calorifiques pièce par pièce (§ 8.1.)
- Déterminer les surfaces équipables de chaque pièce en déduisant :
  - la surface des placards
  - la surface des éléments de cuisine
  - la surface des baignoires et des receveurs de douche
  - la surface des cheminées
- Une zone d'au moins 40 cm à partir du nu intérieur des murs extérieurs ainsi que les feux ouverts
- Une zone d'au moins 20 cm autour des gaines des trémies et des conduits de fumée
- Déterminer la puissance admissible en fonction de l'épaisseur des dalles :
- dalle d'épaisseur 8 cm : 110 W/m² admissible
- dalle d'épaisseur 10 cm : 140 W/m² admissible
- dalle d'épaisseur 15 cm : 170 W/m2 admissible
- Répartition pièce par pièce de la puissance de base
- Calcul des appoints pièce par pièce (Pa)

 $P_a = 1.2 \times \text{déperdition} - (\text{Puissance de base/3})$ 

 Le tableau Fig. 4, ci-dessous, donne le type de câble en fonction de la puissance calculée, et de la longueur disponible dans la pièce (mode de pose Fig. 5).

### CHOIX DU CÂBLE

Référence	Puissances	Longueurs	Emissions	Liaisons froides			
Kit	W.	m	linéaires	Sections	Longueur		
K1	1050	32	32,8 W/m				
K2	1250	38	32,9 W/m	1,5 mm <sup>2</sup>			
К3	1800	55	32,7 W/m				
K4	2300	70	32,9 W/m		10 m		
K5	2600	81	32,1 W/m				
K6	3000	111	27,0 W/m	2,5 mm <sup>2</sup>			
K7	3300	101	32,7 W/m				

Les appoints sont fournis par des convecteurs électriques.

Fig. 4 - Tension d'alimentation 230 V.

### 8.3.2. RÉALISATION DU PLAN DE POSE (EXTRAIT DU DTU 65.7)

### DÉTERMINATION DU PAS DE RÉPARTITION POUR CHAQUE PIÈCE.

- Le PAS est défini suivant la puissance à installer et la surface équipable.

S: Surface équipable

L : Longueur du câble

d : distance séparant deux spires
 qui ne peut être inférieure à 10 cm

Note: un élément chauffant peut intéresser plusieurs pièces.



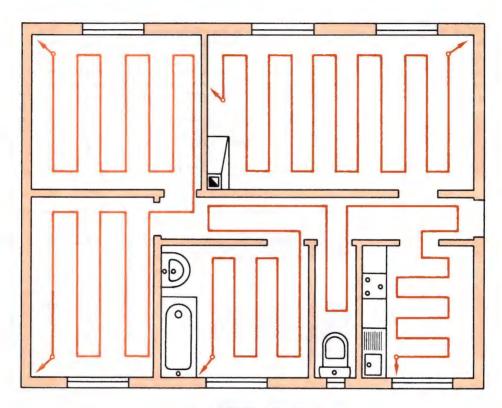
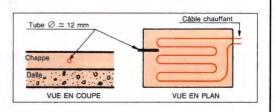


Fig. 5 : Exemple de plan de pose.

 Connaissant la puissance à installer dans une pièce et l'émission linéaire, on peut alors calculer la longueur de câble chauffant à placer dans la surface équipable.

### 8.3.3. POSE DU CÂBLE

- Les câbles ne doivent jamais traverser les joints de dilatation.
- Positionner le câble au sol et le fixer avec des épingles à chaque extrémité des spires et au maximum tous les mètres. Respecter un pas régulier.
- Placer une gaine de diamètre 12 mm, qui recevra ultérieurement la sonde de sol de la régulation. Elle sera placée entre deux spires de câble et le plus près possible de la surface. Éventuellement, dans la chape de carrelage.
- Avant de procéder au coulage du béton, il y a lieu de repérer sur le plan de pose la position exacte des jonctions.



Note: S'assurer que la résistance thermique du revêtement n'excède pas 0,15 m² °C/W.

## 8.3.4. EXÉCUTION DES PLANCHERS CHAUFFANTS PAR CÂBLES ÉLECTRIQUES ENROBÉS DANS LE BÉTON (D'après l'

(D'après DTU 65.7.)

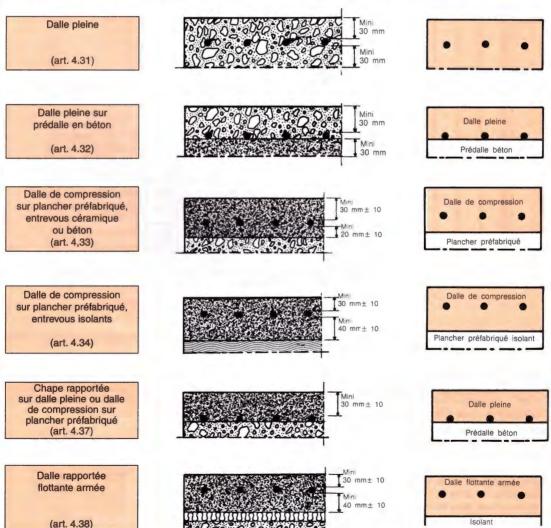
### • DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

- PLANCHERS DALLE PLEINE
  - Les éléments de chauffage doivent être placés au-dessus de l'armature inférieure de la dalle et être liés à cette armature.
  - L'épaisseur minimale d'enrobage doit être de 30 mm, il est conseillé de prévoir 5 cales au m² dans le cas d'armatures en rouleau et 3 cales au m² dans le cas des armatures en plaque.
  - La dalle doit être coulée en une seule fois.

### - PLANCHERS AVEC PRÉDALLE

 Les éléments de chauffage doivent être placés directement au-dessus des prédalles, après mise en place, s'il y a lieu, d'armatures de renfort aux joints.

- PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS AVEC DALLE DE COM-PRESSION
  - Les éléments de chauffage doivent être placés immédiatement au-dessus de l'armature de la dalle de compression.
- PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS AVEC MATÉRIAUX RÉSILIENTS (entrevous isolants) mêmes prescriptions que ci-dessus.
- PLANCHERS AVEC CHAPE RAPPORTÉE
  - Les éléments de chauffage doivent être placés directement sur le support.
- PLANCHERS AVEC DALLE RAPPORTÉE FLOTTANTE ARMÉE
  - Les éléments de chauffage doivent être placés au-dessus d'une armature et être liés à cette dernière soit directement, soit par l'intermédiaire d'accessoires.



Note: Les dispositions ci-dessus ne sont présentées que sous forme de schémas de principe et ne concernent que l'environnement du câble chauffant.

### 8.4. ÉLÉMENTS PERMETTANT DE VÉRIFIER LES CALCULS D'UN AVANT-PROJET DE CHAUFFAGE

MODE DE CALCUL SIMPLIFIÉ

BUREAUX

 $P = (0,025 \ V \cdot K_g \cdot K_c) - 0,2 \ n$  (kW)

ATELIERS ENTREPÔTS MAGASINS

 $P = (0,050 \ V. \ K_g. \ k_c) - 0,2 \ n$ 

(kW)

MAGASINS

n: nombre d'occupants

V = L . I . H(m<sup>3</sup>)



VALEURS DU COEFFICIENT K.

	TYPES DE CONSTRUCTION ENVIRONNEMENT	Construction en murs épais (25 cm)	Construction légère (ossa- ture béton grands vitrages)	Construction très légère (atelier avec portes fréquemment ouvertes)
	Murs extérieurs bien exposés. Le reste entouré de locaux chauffés.	1	1,10	1,20
c	Un mur extérieur très mal exposé (nord, vents violents, etc). Le reste entouré de locaux chauffés.	1,10	1,20	1,30
	2 ou 3 murs extérieurs mai exposés (nord, vents violents, etc). Les parties environnantes étant peu ou pas chauffées.	1,20	1,30	1,40

8.4.2.
LOCAUX SITUÉS
À PLUS DE 200 m
D'ALTITUDE
ET/OU D'UNE HAUTEUR DE
PLAFOND
SUPÉRIEURE
À 4 m

8.4.1. LOCAUX SITUÉS À MOINS

DE 200 m

D'ALTITUDE ET DE MOINS DE 4 m SOUS PLAFOND VOLUME INFÉRIEUR À 500 m<sup>3</sup>

#### **MAJORATION POUR ALTITUDE**

de 200 à 500 m : + 10 % de 500 à 1 000 m : + 20 % de 1 000 à 1 500 m : + 30 %

de 1 000 a 1 500 m : + 30 %

de 1 500 à 2 000 m : + 45 %

Exemple: soit à chauffer un atelier, longueur: 10 m, largeur: 8 m, hauteur: 6 m, situation région parisienne, occupation 20 personnes.

Construction légère à ossature béton avec grandes ouvertures – Atelier isolé mal exposé.

Il faut calculer successivement :

la puissance dissipée par chaque élément constituant une pièce (murs, cloisons, plafond, planchers, ouvertures, etc.)

$$P_{\rm j} = \frac{KS \left(t_{\rm j} - t_{\rm em}\right)}{860}$$

8.4.3. LOCAUX E VOLUMES

DE VOLUMES
IMPORTANTS ET
DE SITUATION
GÉOGRAPHIQUE
EXCEPTIONNELLE

K: coefficient : global de conductibilité thermique en kcal/h/m²/°C

ti: température intérieure de base (§ 8.4.5)

 $t_{\rm em}$ : température extérieure de la paroi ou température extérieure  $t_{\rm e}$  modifiée par un facteur de correction (C).  $t_{\rm em} = t_{\rm e} \pm C$ 

te : température extérieure de base (§ 8.4.4)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{18}$$

λ: conductivité thermique utile W/m °C

### MAJORATION POUR GRANDE HAUTEUR SOUS PLAFOND

H = 5 m : +3 %H = 5 m : +6 %

H = 8 m : + 12 % H = 10 m : + 18 %

 $V = 10 \times 8 \times 6 = 480 \text{ m}^3$ 

 $K_g = 1$  $K_c = 1,30$ 

Majoration hauteur sous plafond : 6 % soit 1,06  $P = [(480 \times 1 \times 1.3 \times 0.050) - 0.2 \times 20] \times 1.06 = 29 \text{ kW}$ 

CORRECTIONS (C): – augmenter  $t_{\rm e}$  de 1 °C pour les villes moyennes et de 2 °C pour PARIS et LYON

capacité calorifique : murs épais, 25 cm, pas de correction,

constructions légères : diminuer te de 2 °C

constructions légères (atelier) : diminuer t<sub>e</sub> de 3 °C
 PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR UNE PIÈCE (P)

$$P_{\rm j} = (\Sigma P_{\rm i} \cdot C) + \frac{V(t_{\rm i} - t_{\rm em})}{1000}$$

C: Coefficient correcteur:

- locaux exposés au nord, nord-est, nord-ouest : 1.2
- locaux humides (plus de 40 j de pluie en hiver) : 1,2
- hauteur du local supérieure à 4 m : 1,1 + (0,02 par m au-dessus de 4 m). Le 2<sup>e</sup> terme de la formule correspond aux pertes par ventilation.

V : volume de la pièce en m3

### PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR LE LOCAL COMPLET

 $P = \sum P_i$ 

### 8.4.4. TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES DE BASE t<sub>e</sub> (D'APRÈS DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS)

Altitude (m)	Tem					se (°C) <sub>l</sub> au de la		tem-	
(111)	-4 °C	−5 °C	−6 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C	Co of the second
0 à 200 201 à 400 401 à 500	- 4 - 5 - 6	- 5 - 6 - 7	- 6 - 7 - 8	- 8 - 9 - 10	- 9 - 10 - 11	- 10 11 12	- 12 - 13 - 14	- 15 - 15 - 16	
501 à 600 601 à 700 701 à 800 801 à 900 901 à 1000	-6 -7 -7 -8 -8	- 7 - 8 - 8 - 9 - 9	- 9 -10 -11 -12 -13	- 11 - 12 - 13 - 14 - 15	- 11 - 12 - 12 - 12 - 12	- 13 - 14 - 15 - 16 - 17	- 15 - 16 - 17 - 18 - 19	- 17 - 18 - 19 - 20 - 21	
1001 à 1100 1101 à 1200 1201 à 1300 1301 à 1400 1401 à 1500	-8 -8 -8 -8	-10 -10 -11 -11 -12	- 14 - 14 - 14 - 14 - 14	- 16 - 17 - 18 - 19 - 20	- 12 - 12 - 12 - 12 - 12	- 18 - 19 - 20 - 21 - 22	- 20 - 21 - 22 - 23 - 24	- 22 - 23 - 24 - 25 - 25	lles de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée 0 °C
1501 à 1600 1601 à 1700 1701 à 1800 1801 à 1900 1901 à 2000	-8 -8 -8 -8	- 12 - 13 - 13 - 14 - 14	- 14 - 14 - 14 - 14 - 14	- 21 - 22 - 23 - 24 - 25	- 12 - 12 - 12 - 12 - 12	- 23 - 24 - 25 - 26 - 27	- 24 - 24 - 24 - 24 - 24	- 25 - 25 - 25 - 25 - 25 - 25	
2001 à 2100 2101 à 2200 2201 à 2400 2401 à 2600 2601 à 2800 2801 à 3000 plus de 3000	- 8 - 8 - 8 - 8 - 8 - 8	- 15 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20	- 14 - 14 - 14 - 14 - 14 - 14 - 14	- 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 30 - 30	- 12 - 12 - 12 - 12 - 12 - 12 - 12	- 28 - 29 - 30 - 30 - 30 - 30 - 30	- 24 - 24 - 24 - 24 - 24 - 24 - 24	- 25 - 25 - 25 - 25 - 25 - 25 - 25 - 25	Limites de zones  Distance de la mer = à 25 km  Crêtes situées au sud du cours de l'Aveyron  Les valeurs non cerclées situées dans les mers et océans correspondant à une distance de la mer inférieure à 3 kilomètres.

La température extérieure de base est la température minimale quotidienne constatée 5 fois au moins au cours d'une année. Par convention, la puissance de chauffage à installer est déterminée à partir de la température de base figurant sur la carte ci-dessus.

Pour tenir compte de l'altitude du lieu considéré, cette température doit être corrigée en fonction du tableau ci-dessus. Pour les versants ensoleillés, il n'y a pas lieu de retenir de température de base inférieure à -25 °C.

### 8.4.5. TEMPÉRATURES INTÉRIEURES DE BASE 4

HABITATIONS Locaux d'habitation	18 °C	<ul> <li>Sauf indications contraires données dans les piè marché, on prendra les valeurs suivantes :</li> </ul>	ces du
Locaux à usages communs et circulations collectives chauffés		RESTAURANTS, BÂTIMENTS PUBLICS, ÉGLISES, TEMPLES, SALLES DE SPECTACLES	
ÉCOLES		Vêtements d'extérieur conservés	15 °C
Classes et salles analogues	18 °C	Vêtements d'extérieur enlevés	18 °C
Douches	21 °C	Circulations	15 °C
Circulations, gymnases	15 °C	BUREAUX	18 °C
HÔPITAUX		MAGASINS	
Se reporter aux pièces du marché		En général	18 °C
GARAGES CHAUFFÉS	5 °C	Salons d'habillage	21 °C
		LOCAUX INDUSTRIELS ET ARTISANAUX Se reporter aux pièces du marché	

### 8.4.6. NORMES ET RÉGLEMENTS DE RÉFÉRENCE

NORMES: NFC 73-200: Règles générales de sécurité des appareils électrodomestiques chauffants.

NFC 73-250 : Appareils électrodomestiques chauffants. Appareils de chauffage des locaux et appareils analogiques. Règles de sécurité.

NFC 73-251 : Appareils électrodomestiques chauffants. Appareils de chauffage électrique des locaux. Règles d'aptitude à la fonction.

NFC 15-100 : Exécution et entretien des installations électriques de première catégorie.

NFC 14-100 : Installations de branchements de première catégorie.

#### DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS (DTU).

Règles Th.K77 (nov. 1977). Titre I : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois.

Règles Th. (nov. 1977). Titre II : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois, des déperditions de base des bâtiments et du coefficient G des logements et autres locaux d'habitation.

Règle Th-G77 (nov. 1977). Titre III : Règles de calcul du coefficient G des logements et autres locaux d'habitation et du coefficient  $G_1$ , des bâtiments autres que les bâtiments d'habitation.

**DTU 70-2** (1981). Installations électriques des bâtiments à usage collectif, bureaux et assimilés, blocs sanitaires et garages. Cahier des charges.

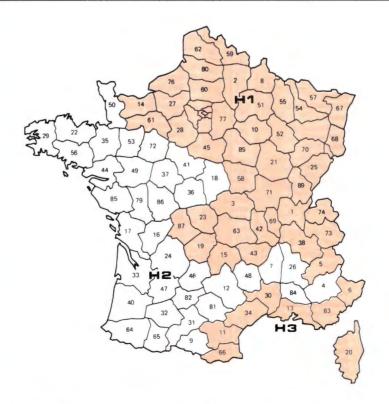
### 8.5. DÉFINITIONS DES CLIMATS

### (D'après DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS)

La réglementation thermique du 24 mars 1982 distingue trois zones climatiques d'hiver : H1, H2, H3

	Zone		Zone			one
	H 1	33	GirondeH 2	65	Hautes-PyrénéesH	
2 Aisne	H 1	34	HéraultH 3	66	Pyrénées-OrientalesH	3
	H 1	35	Ille-et-VilaineH 2	67	Bas-RhinH	1
4 Alpes-de-Haut	e-Provence H 2	36	IndreH 2	68	Haut-RhinH	1
	H 1	37	Indre-et-LoireH 2	69	RhôneH	1
6 Alpes-Maritim	es H 3	38	IsèreH 1	70	Haute-SaôneH	1
7 Ardèche	H 2	39	JuraH 1	71	Saône-et-LoireH	1
8 Ardennes	H 1	40	LandesH 2	72	SartheH	2
	H 2	41	Loir-et-CherH 2	73	SavoieH	1
10 Aube	H 1	42	LoireH 1	74	Haute-SavoieH	1
	Н 3	43	Haute-LoireH 1	75	ParisH	1
12 Avevron	H 2	44	Loire-AtlantiqueH 2	76	Seine-MaritimeH	1
	hône H 3	45	LoiretH 1	77	Seine-et-MarneH	1
	H1	46	LotH 2	78	YvelinesH	1
	H1	47	Lot-et-GaronneH 2	79	Deux-SèvresH	2
	H 2	48	LozèreH 2	80	SommeH	1
17 Charente-Mari	time H 2	49	Maine-et-LoireH 2	81	TarnH	2
18 Cher	H 2	50	MancheH 2	82	Tarn-et-GaronneH	2
	H 1	51	MarneH 1	83	VarH	3
20 Corse	H 3	52	Haute-MarneH 1	84	VaucluseH	2
	H 1	53	Mayenne H 2	85	VendéeH	2
22 Côtes-d'Armo	H 2	54	Meurthe-et-MoselleH 1	86	VienneH	2
	H 1	55	MeuseH 1	87	Haute-VienneH	1
	H 2	56	MorbihanH 2	88	VosgesH	1
	H 1	57	MoselleH 1	89	YonneH	1
	H 2	58	NièvreH 1	90	Territoire-de-BelfortH	1
27 Eure	H 1	59	NordH 1	91	EssonneH	1
28 Eure et-Loir	H1	60	OiseH 1	92	Hauts-de-SeineH	1
	H 2	61	OrneH 1	93	Seine-Saint-DenisH	1
	H 3	62	Pas-de-CalaisH 1	94	Val-de-MarneH	
	H2	63	Puy-de-DômeH 1	95	Val d'OiseH	1
	H 2	64	Pyrénées-AtlantiquesH 2	-		
1		1 .	. ,	1		

8.5.1.
ZONE
CLIMATIQUE
D'HIVER
DE CHAQUE
DÉPARTEMENT



Note: Les constructions situées à plus de 800 m d'altitude sont en zone H1 lorsque le département est indiqué comme étant en zone H2, et elles sont en zone H2 lorsque le département est indiqué comme étant en zone H3.

Les degrés-jours permettent d'apprécier la sévérité du climat.

Pour chaque jour, le nombre de degrés-jours est égal à la différence entre la température intérieure du local et la moyenne des températures minimale et maximale du jour considéré.

Les degrés-jours unifiés sont calculés en fixant à 18 °C la température intérieure du local.

Le tableau ci-après indique le nombre de degrés-jours unifiés à prendre en compte pour la période conventionnelle de 232 jours s'étendant du 1er octobre au 20 mai. (D'après les relevés sur une période de

ST	DÉPARTEMENTS TATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	STA	DÉPARTEMENTS TIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	SI	DÉPARTEMENTS FATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbr de D
1	Ain			15	Cantal			29	Finistère		
•	Ambérieu	252	2 626			680	2 921		Brest-Guipavas	98	2 18
	Aisne	202			Aurillac Chavignac-l'Aigle	300			Brest-Guipavas Brest-Tour César	44	1 99
	AISTIE	400	0.000		Ferrières St-Mary	663			Fouesnant	60	
	Eparcy Saint-Quentin	160			Lafeuillade-en-Vezie	760			lle de Ratz	36	
		86	2 724		Lavastrie-Grandval	830			lle d'Ouessant	25	1 87
	Allier				Le Claux				lle Pentret-les-Glénans	25	1 86
	Vichy	250	2 506		Marcolès	710			Landéda-Aber Wrac'h	38	
	Alpes-de-Haute-Provence				Marmanhac	650			Lanvenc-Pollimic	74	2 10
		1 431	3 470		Marmannac				Pointe de Penmarc'h	16	1 89
	Saint-André-les-Alpes	896	0.000		Massiac Saint-Flour		2 935		Pointe du Raz	85	1 89
	St-Auban-sur-Durance				Saint-Flour	906	3 302		Pointe Saint-Mathieu	17	1 8
	Alpes (Hautes)	457	2213	16	Charente				Pointe du Toulinguet-Camaret	46	19
	Aspes (Hautes)	4 000			Angoulême	83	2 136			40	1 3
	Agnières-en-Devoluy	1 260	3 765		Cognac	30	2 077	30	Gard		
	Embrun	871	2 870						Mont Aigoual Nîmes-Courbessac	1 567	29
	Gap-Ville	775	2 789	17	Charente-Maritime		4 050		Nîmes-Courbessac	59	17
	Embrun Gap-Ville Gap-col Bayard Laragne	1 249	3 605		Chassiron-Oléron	11	1 853	31	Caronne (Haute)		
	Laragne	573	2 626		lle-d'Aix	7	1 846	91	Bagnàres-de-Luchon	630	25
					La Rochelle-Laleu	14	2 025		Toulouse-Blagnac	147	20
					La Rochelle-Port	1	1 945		Bagnères-de-Luchon Toulouse-Blagnac Toulouse-Francazals	161	20
	Orcières	1 440	3 586		Pointe-de la-Coubre	6	1 864		Toulouse-Observatoire	194	20
	Vars	1 800	3 888		Rochefort-sur-Mer	3	2 057			194	
	Alpes-Maritimes			10	Cher			32	Gers		20
	Ander Des Therens	1 160	2 150	10	Avord	177	2 487	1			à
	Anton-Bas Inorence Antibes-Garoupe Antibes-ONM Breil-sur-Roya Cannes Grasse Isola	74	1 210		Avord Bourges-Météo	156		33	Gironde		21
	Antihes-ONM	/4	1 319		Dourges-Meleo	153		33	Bordeaux-Mérignac	47	20
	Breil-sur-Boya	8	1 316		Bourges-Observatoire_	133			Bordeaux Observatoire	4/	18
	Cannes	221	19//	19	Corrèze		2 250		Can Forret	/4	16
	Grace	3	1 619				à		Cap-Ferret	9	19
	leele	211	1742	00	Corse		3 200		Villenave-d'Ornon	24	19
	Monaco	870	2 925	20			1 531			25	19
	Micro Câto d'Azur	55	1 112		Ajaccio-Campo del Oro_			34	Hérault		
	Monaco Nice-Côte d'Azur Puget-Théniers	2	1 465				1 207		Montpellier-Bel Air	81	17
	Puget-Ineniers	420	2 150		Albertacca-Popaja	1 0/4	3 022		Montpellier-Fréjorgues	5	1 1 8
	St-Dalmas-le-Selvage	1 510	3 349		Bastia-Poretta		1 478		Sète	94	15
	St-Effetille-ne-Tillee-Varott	1 610	3 428		Bonifacio-Cap Pertusato.		1 259	25	Ille-et-Vilaine		
	St-Jean-Cap-Ferrat	138			Calvi-Cap Cavallo	290	1 460	30	Cancale-Pointe au Grouin_	40	21
	Valence	321			Calvi-Ste-Catherine	57	1 384		Dipord Ploustuit	40	22
	Ardèche	021	1 001		Cap Corse		1 126		Dinard-Pleurtuit	65	22
	Tournon	100	2 314		Carbini-Marghèse	980	2774		Rennes	35	22
1	Ardonnoe	123	2314	1	Pila Canale	360	1 538	36	Indre		
	Rocroi				Sartène-Madonina	50			Châteauroux	160	24
	Sedan	286			Solenzara	17	1 305	27			
	A-12	153	2 939	04	Côte-d'or			31	Indre et-Loire Tours	-00	0.0
	Ariège			21		400	2 868		lours	96	23
	AstonAuzet-Pradières Couflens-Salau	556	2 425		Baigneux-les-Juifs			38	Isère		
	Auzet-Pradieres	1 200	2 895		Châtillon-sur-Seine				Alpe-de-Venosc Besse-en-Oisans	4 400	2 4
	Couflens-Salau	855	2 824		Dijon-Larrey	316			Racca-an-Dicane	1 400	04
	l'Hospitalet-près-l'Andorre	1 428			Dijon-Longvic	220	2 675		Granable Eubana	1 4/0	3/
	Mérens-les-Vals	1 094		22	Côtes-d'Armor				Besse-en-Oisans Grenoble-Eybens La Côte-St-André La Tour-du-Pin Mont-de-Lans Pellafoi-Le Sautet St Hilaire-du-Touvet Vienne	223	26
	Saint-Girons	444			lle de Brehat	35	2 025	l	La Tour du Din	360	2/
	Saintein-Eylie				Mur de Bretagne-	00			Mont do Long	339	28
0	Aube		2 717		Guerlédan	128	2 334		Dollefei La Coutet	1 050	34
•	Romilly-sur-Seine				Perros-Guirec	120	2001		Ca Hilaina du Taurat	800	33
11	Aude	77	2 620		Ploumanac'h	78	2 105		Vienne	1 150	33
	Carcassonne				Ploumanac'h Plévenon-Cap Fréhel	60	2 133		VienneVillard-de-Lans	213	26
_		123	1 930		Destroyer	262	2 445		Villard-de-Lans	1 050	3 4
2	Aveyron		1		Rostrenen Saint-Cast			39	Jura		
	Millau Rueyres-Brommat Villefranche-de-Rouerque	440	0.074		Saint-Gast	46	2 115		Saint Claude-Etables	400	20
	Rueyres-Brommat	410	23/4	23	Creuse					100	20
	Villefranche-de-Rouergue				La Courtine	765	3 061	40	Landes		
3	Bouches-du-Rhône	250	2 176	١					Biscarosse	23	17
•	Aix-en-Provence			24	Dordogne	0.4	0.070		Dax	31	17
	Bec de l'Aigle la-Ciotat	215	1 750		Bergerac	31	2 079		Mont-de-Marsan	59	20
	Istres		1 583	25	Doubs			41	Loir-et-Cher		
	Marseille-Cap Croisette		1 710	-	Resancon	311	2719	41	Romorantin	84	24
			1 373		Besançon Charquemont	870				04	24
	Marseille-lles Mon					3/0	0 040	42	Loire		
	Pomègues		1 421	25	Drôme				Saint-Etienne-Bouthéon_	399	26
	Marseille-Marignane	3			Lus-la-Croix-Haute	1 036		40			
	Marseille-Observatoire	75	1 62/		Montélimar	73		43	Loire (Haute)	74.0	0.0
	Port-de-Bouc	8			Montségur-sur-Lauzon_	150			Le Puy-en-Velay	714	29
	Salon de-Provence	59	1 853		Nyons	260		44	Loire-Atlantique		
1	Calvados			-		200	2 500	1	Escoublac-La Baule	5	20
M	Caen	66	2 451	27	Eure				Nantes-Châteaux-Bougon.	26	21
	Deauville-St-Gatien		2517	28	Eure-et-Loir		2 600	1	Nantes Observatoire	41	22 20 21
	Deallyme-ar-(added)	1 144	2011	1 60		1		I		71	26
	Longnes-sur-Mer		2 412		Chartres	155	2 586		Saint-Nazaire-Chemoulin	24	20

8.5.2. DEGRÉS **JOURS UNIFIÉS** 

33000	STA	DÉPARTEMENTS ITIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	STA	DÉPARTEMENTS ITIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	S	DÉPARTEMENTS FATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju
	45	Loiret		0.500		Le Mont-Dore Picherande Puy-de Dôme	1 050		79	Sèvres (Deux)		2 100
		Orléans-Bricy	124	2 532		Picherande	1 123	3 338 3 918				à 2 350
	46	Lot Gourdon	205	2 132		Saint-Antheme	950		90	Somme		2 000
	47	Lot-et-Garonne		2 078		Saint-Nectaire	718	3 016	00	Somme Abbeville	57	2 607
		Agen	61	2 700	64	Viverois Pyrénées-Atlantiques	850	3 226	81	Tarn		1 450
	48	Lozère		à 3 500	04	Biarritz-Aérodrome	69	1 610				2 250
				0 000		Biarritz-Ville Lac d'Artouste	28	1 432 4 083				
	49	Maine-et-Loire				Laruns	523	2 364	82	Tarn-et-Garonne		2 050 à
		AngersBauge	54 51	2 308 2 312		Pau	189	2 048				2 150
	50	Manche			65	Pointe-de-Socoa Pyrénées (Hautes)	24		83	Var		
		Cap de la Hague Cherbourg	3	2 070 2 118	00	Gèdre Lassoula	1 000	2 834		Brignoles	205	1 982
		Granville-Pointe-du-Roc_	37	2 219		Lassoula Pic du Midi de Bigorre	1 700	3 606 5 243		Cap Camaral-St-Tropez	110 321	1 356 1 656
		lle Chaussey Pointe de Barfleur	40	2 115 2 145		Tarbes Ossun	360	2 166		Cap Sicié-La Seyne	153	1 817
		Portbail	30	2 228	66	Purénées Orientains		4.055		Guers	82 181	1 660 1 898
	51	Marne Mayrendan la Crand	131	2 709		Font-Romeu	1 705	3 602		Draguignan Ile du Levant-Titan	100	1 332
		Mourmelon-le-Grand Reims	94	2 665		Cap Béar Font-Romeu La Liagone Perpignan Prats de Mollo	1 714	3 931		lle de Porquerolles Le Luc-en-Provence	146 91	
	52	Marne (Haute)	404	2 954		Perpignan Prats de Mollo	1 000	2 397		Plan d'Aups Saint-Raphaël	679	2 589
		Marne (Haute) Langres Saint-Dizier	464 139	2 615		Puyvalador	1 400	3 640		Saint-Raphaël	2 23	1 583 1 377
		Mayenne	. 30	2 300	67	Rhin (Bas) Howald-Melkereifelsen	775	3 310		Toulon-La Mître	28	1 396
				à 2 550		Montbronn-Neumatt_	330	3 069	84	Vaucluse	234	2 171
	54	Meurthe-et-Moselle				Strasbourg-Entzheim_	151	2 827 2 706		Apt Avignon Montfavet		1 998
		Nancy Saint-Nicolas-de-Port_	203	2 854 2 771		Strasbourg-Ville Zinswiller		2 954		Cavaillon	80	2 023
		Toul	390	2 923	68	Rhin (Haut)	1			Cavaillon Gordes Mont-Vertoux	350 1 912	2 229 4 277
	55	Meuse	040	2 985		Ballon de Guebwiller Colmar-Meyonheim	1 390 209			Orange	53	1 964
		Bar-le-Duc-Loxeville Haudiomont	313 268	2 968		Colmar-Ville	190	2 575	85	Vendée	32	1 877
	56	Morbihan				Lac Noir Mulhouse-Bâle	960 267	3 617 2 948		lle d'Yeu La Motte-Achard	47	2 214
		Grand Mont-	2	2 043	69	Rhône	-	2 340		Les Sables-d'Olonne	9	2 143
		Saint-Gildas-de Rhuys_	33	2 052		Lyon Bron	196		86	Vienne Poitiers	118	2 363
		Grois-Reg-Melen Lorient-Lann Bihouée		1 957 2 163		Saint-Genis-Laval Larare-Les-Sauvages _	286 720	2 450 3 012	07		110	2 303
		Pointe de Gâvres	18	2 001	70	Saône (Haute)			0/	Vienne (Haute) Limoges	282	2 520
		Pointe du Talut- Belle-lle-en-Mer	42	1 935		Luxeuil-les-Bains	620 272		88	Vosges Epinal		
		Port-Louis	19	2 068	71		212	2 344			385	2 875
	57	Moselle Château-Salines	220	2 818	١	Chalon-sur-Saône	179		89	Yonne Auxerre	207	2 532
		Gondrexange	270	2 927		La Guiche Mâcon	450 216		90	Territoire de Belfort		
		Kerling-les-Sierck Metz-Ecluse	260 170	2 940 2 797		Mont-Saint-Vincent	602	2 935	-	Belfort	422	2 939
		Metz-Météo	189	2 838	72	Saint-Yan Sarthe	244	2 638	91	Essonne	78	2 498
		Phalsbourg Sarreguemines	377 200	2 981 2 844	12	Le Mans	52	2 428		Brétigny-sur-Orge Etampes-Mondésir	145	2 632
		Thionville	157	2 773	73		005	0.000		Toussus-le-Noble	160	2 688
	58	Nièvre Château-Chinon	598	2 858		Bourg Saint-Maurice Challes-les Eaux	291	2 797	92	Hauts-de-Seine		2 500
		Nevers	176	2 536		Lanslebourg-Mont Cenis_	1 925	4 556	03	Seine-Saint-Denis		2 300
	59	Nord Cambray-Epinoy	75	2 720		Pralognan-La-Vanoise Tignes-le Villaret	1 750	3 813 3 996	30	Paris-le-Bourget	52	2 464
		Dunkerque	7	2 555	_	Valloire			94	Val-de-Marne	90	2.510
		Lille-Lesquin Lille-Université	55 32	2 693 2 495	74	Savoie (Haute) Abondance	1 000	3 577		Paris-Orly Paris-Parc Saint-Maur	89 50	2 510 2 440
		Valenciennes	52			Annecy	448	2 756	95	Val-d'Oise		
	60	Oise Beauvais	101	2 680		Annemasse Les Contamines-Montjoie_	1 200			Pontoise-Cormeilles	98	2 559
		Compiègne	41	2 577		Les Gets	1 200	3 807				
		Creil	88	2 636		Thonon-les-Bains Usinens	375 417	2 781 2 671				
	61	Orne Alençon	73	2 537		Vallorcine	1 260					
	62	Pas-de-Calais			75		70	0.400				
		Boulogne-sur-Mer Calais	73	2 537 2 588		Paris-Montsouris Paris-Tour-St-Jacques _	78 38					
		Cap Griz-Nez	2 45	2 545	85	Seine-Maritime	1 19					
		Le Touquet Saint-Inglevert-Marquise _	122	2 518 2 644		Cap de la Hève	100					
	63	Puy-de-Dôme				Dieppe Fécamp	104	2 451				
		Auzat-sur-Allier - La Combelle	415	2 661		Rouen	68	2 569				
		Besse-en-Chandesse	1 050	3749	77	Seine-et-Marne Coulommiers Voisins_	141	2 626				
		Châteauneuf-les-Bains_ Clermont-Ferrand Aulnat_	390 329			Melun-Villaroche	91	2 547				
11		Clermont-Ferrand		100	78	Sainte-Assise Yvelines	56	2 520				
		Observatoire Egliseneuve d'Entraygues_	403 985		/"	Trappes	167	2 632				
		Fournois d'Auvergne	1 050	3 513		Villacoublay	171	2 659				
	_		_		_		_		_			

### 8.6. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX ISOLANTS THERMIQUES

Sont considérés comme matériaux isolants thermiques les matériaux dont la conductivité thermique  $\lambda$  est inférieure à 0,12 W/m °C.

APTITUDES	FORME									
<b>→</b>		MASSE VO	LUMIQUE DU	MATÉRIA	U CONSTITU	ITIF				
			CONDUCTIV	/ITÉ THERI	MIQUE (λ) D	U MAT	ÉRIAU CONSTIT	UTIF		
			COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE (A)							
					RÉSISTANC	(R)				
TYPE						RÉACTION AU FEU (M)				
		*	*	*	*	AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE (R) (en db				
*	*	kg/m <sup>3</sup>	W/m °C	W/m <sup>2</sup> °C	m² °C	*	<b>\</b>	UTILISATIONS-OBSERVATIONS		
ACIER	Diverses	7780	52			M <sub>0</sub>	0 kg/m²	Eléments planchers. Poutrelles. Bacs acier.		
ALUMINIUM	Diverses	2700	230			Mo	r par « loi masse » et « loi fréquence » 500 Hz pour masse surfacique ( @s) = 100 kg/m²	Menuiseries.		
PIERRES	Diverses	~ 2500	~ 3		anc.	M <sub>0</sub>		Murs porteurs. Parements.		
BÉTON	_	~ 2200	~ 1,5		Dépendent de l'épaisseur	Mo	« loi fre urfaciq	Murs porteurs. Planchers		
BÉTON CELLULAIRE	-	400	0,16		nt de l'e	M <sub>0</sub>	e » et	Murs porteurs. Bonne isolation thermique.		
AMIANTE- CIMENT	-	~ 1500	~ 0,8		ender	_	mass our m			
PLÂTRE	-	<b>~</b> 1000	~ 0,4		Dép	Mo	R à calculer par « loi masse » et R= 40 dB à 500 Hz pour masse s	Enduits.		
BOIS	_	~ 500	~ 0,2			-		Menuiseries.		
VERRE	-	2700	1,15	<b>\</b>		Mo		Baies vitrées.		
VERRE CELLULAIRE	-	~ 150	~ 0,050	aisse		Mo				
FIBRES MINÉRALES FEUTRES BÂTIMENT ISOVER	1	20 à 300	0,041	Dépendent de l'épaisseur	de 1,5 à 6,5 pour épaisseur de 60 à 260 mm	M1	R (bruit routier) 1 dB (A) par cm d'épais.	Isolation des combles. Économique. Pose facile. Une face papier kraft.		
LAINE DE VERRE COLLÉE SUR PLÂTRE «CALIBEL» ISOVER		120 à 180	0,050 à 0,063	۵	de 0,9 à 2,45 pour épaisseur de 40 à 90 mm	M1	R (bruit rose) 57 dB (A) avec CALIBEL 10 + 50 sur béton de 100 mm	Isolation thermo-acoustique des murs.Collage sur murs. Gain utile de place		
POLYSTYRÈNE Expansé ISOVER		9 à 35			de 0,27 à 2,21 pour épaisseur de 15 à 100 mm	-	« loi fréquence » ques	Isolation thermique. Coffrage perdu de dalles.		
POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ ISOVER	1	28 à 40	0,029 à 0,035		-	M1	« Loi masse » et « loi fréquence » identiques			

APTITUDES	FORME											
		MASSE VO	LUMIQUE DI	U MATÉRIA	U CONSTITU	TIF						
				1			MIQUE UTILE (	40.1				
TYPE					RESISTANU							
IIFE			<b>\</b>			RÉACTION AU FEU (M)						
<b>+</b>	1	kg/m <sup>3</sup>	W/m °C	W/m <sup>2</sup> °C	m <sup>2</sup> °C/W	*	AFFAIBLISSEN	MENT ACOUSTIQUE ( <i>R</i> ) (en db)   utilisations-observation:				
BRIQUE ALVÉOLÉE « ISO »		750	0,136 à 0,300	ISO 30 = 0,65 ISO 40 = 0,55 ISO 42 = 0,42	-	Mo	≅ 48 (dB) à f = 500 Hz	Murs porteurs monolithes.  Doublage isolant non nécessaire.  Propriétés isolantes stables dans le temps.				
POLYSTYRÈNE EXPANSÉ MOULÉ PLANCHER FRICKER		16	0,042	_	de 1,47 à 3,54 suivant type et dimen- sions	M <sub>1</sub>	-	Éléments préfabriqués de planchers à isolation ther mique intégrée.				
FIBRASTYRÈNE COUPE-FEU FIBRALITH	To have	193	-	-	de 0,94 à 2,06 pour épaisseur de 50 à 100 mm	M <sub>1</sub>	=	Isolation thermique de parois (murs et plafond). Fonds de coffrage de dalle béton de planchers d'habitation.				
POLYSTYRÈNE OLLÉ SUR UNE PLAQUE DE PLÂTRE ISOVER		10 à 40	0,036 à 0,044	-	-		-					
NINE DE ROCHE PANNEAU RIGIDE « PANOTOIT SOUDABLE » ISOVER		150	0,041	-	de 0,80 à 3,15 pour épaisseur de 30 à 120 mm	M <sub>1</sub>	-	Soudable, particulièremer bien adapté aux revête ments d'étanchéité. Facilité de pose.				
VERMICULITE Exfoliée Elf	<b>D</b>	70 à 80	0,06 à 0,11	_	-	M <sub>1</sub>	-	·				
ENTREVOUS POLYSTYRÈNE EXPANSÉ	10	9 à 25	0,036 à 0,044	PLAN	OIR CHERS CKER	M <sub>1</sub>	-	Se pose entre poutrelles pour la réalisation des plan chers.				

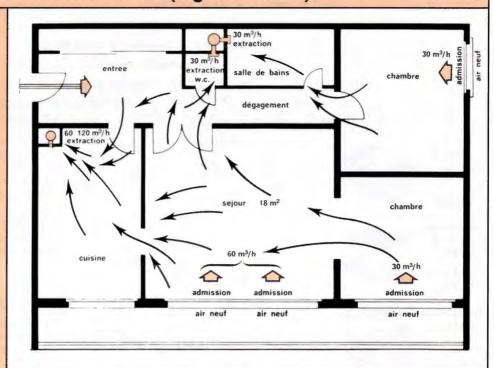
M<sub>0</sub>: incombustible. M<sub>1</sub>: non inflammable.

M<sub>2</sub>: difficilement inflammable.

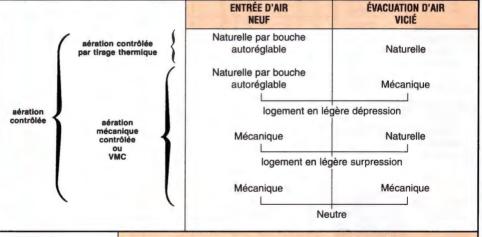
M<sub>3</sub>: moyennement inflammable.

M<sub>4</sub>: facilement inflammable.

M<sub>5</sub> : très facilement inflammable.



8.7.1. AÉRATION CONTRÔLÉE

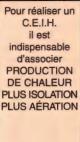


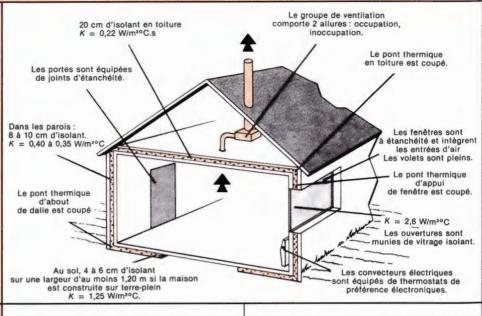
Note: On considère comme conduits à faible rugosité ceux en métal, carton ou amiante-ciment, à condition que les joints entre éléments ne créent aucune saillie. Pour les conduits à forte rugosité, les sections sont supérieures. Dans le cas de boisseaux en béton ordinaire, on pourra adopter une majoration de 100 cm².

	SECTIONS	MINIMALES À FAIBL	E RUGOSITÉ	
Débit	30 m³/h et hauteur inférieure à 5 m	30 m <sup>3</sup> /h et hauteur supérieure à 5 m et 60 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	120 m <sup>3</sup> /h
Section circulaire	80 cm <sup>2</sup> (Ø 10 cm)	120 cm <sup>2</sup> (Ø 12,5 cm)	160 m <sup>2</sup> (Ø14,5 cm)	200 cm <sup>2</sup> (Ø 16 cm)
Section carrée	100 cm <sup>2</sup> (10 × 10 cm)	160 cm <sup>2</sup> (12,5 × 12,5 cm)	210 cm <sup>2</sup> (14,5 × 14,5 cm)	260 cm <sup>2</sup> (16 × 16 cm)
Section rectangulaire de largeur minimale			230 cm <sup>2</sup> (12,5 × 18,5 cm)	290 cm <sup>2</sup> (12,5 × 23 cm)

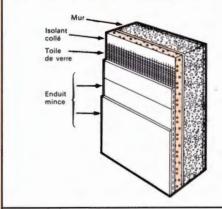
										EN	I/s	EN	m³/h
	Note : Les r		DÉSIGNATION		SANS AVEC		SANS AVEC						
	d'air indiqués sont pas d assurés par de	obligatoire e l'air en p		Enseignemen Classe, salle d	e cours,			er-	ar pe	rsonne		rsonne	
nance de l'extérieur.  SENS DE CHEMINEMENT D L'AIR DANS LES LOCAUX				SPÉCIFQUE	nelle, primaire et secondaire du 1 <sup>re</sup> cycle Secondaire du 2 <sup>e</sup> cycle et universitaire Atelier					1 5 7	7 7	15 18	25
	AIR EXTÉRIEUR				Hébergement (chambre, dort	toir, cellu			,	5	7	18	25
		Ţ		100	Bureau et acc bureau de pos Réunion (salle	te, banq	que)			5	7	18	25
		V			de culte, club,		illion, de	Speciac		5	8	18	29
	LOCAUX À POLLUTION NON SPÉCIFIQUE			POLLUTION	Vente (boutique Restauration					6	8	22	29
		SNANS	SANS	tine, salle à ma		ai, iesia	urant, ca		6	8	27	29	
8.7.2. RENOUVELLEMENT	1 CASCALT	LOCAUX SANS	Sport. Par sportif :										
D'AIR	LOCAUX À POLLUTION SPÉCIFIQUE			200	Dans une pisci Dans les locau	x sporti	fs			6 7		22 25	
EN FONCTION DES ACTIVITÉS	0, 20	1			Par spectateur Travail sédent					7	7	18 25	29
DEC HOTTETTE	REJET À L'EXTÉRIEUR  VALEUR VOLUME RÉGLE- RÉGLE- MENTAIRE EXTRAIT + 30 %				Travail non sé Activité légère	dentair (travail r	nanuel à		e) 1		10	36	36
					Activité moyenne (travail avec léger dépla- cement)					4	14	50	50
					Toilette: Salle de bains ou de douche individuelle (d'hôtel par exemple) Cabinet d'aisance isolé Salle de bains ou de douche individuelle					10 l/s par local 8 l/s par local 15 l/s		36 m³/h par local 29 m³/h par local 54 m³/h	
		¥ 30 %			avec cabinet d'aisance Bains, douches et cabinets d'aisance groupés					par local 5 l/s par occupant potentiel		par local 18 m <sup>3</sup> /h par occupant potentiel	
				A	Cuisine collec	tive				30 l m² de de la	e surface	par m <sup>2</sup> d	m <sup>3</sup> /h le surfac zone
				LOCAUX	Dépôts (archive	es. circu	lation, ha	all d'entré		de cui	isson	de cı	uisson
•	Туре	Déhit	Dé		Dépôts (archive	es, circu	Dét	it norma	e) 0,1	de cui l/s pa ces de	r m <sup>2</sup>	de cu 3,6 m <sup>3</sup> pouvant	
•	de logement	Débit minimal	mini	bit imal	Débit normal		Dét	it norma tre rédui	e) 0,1 I en piè it en pér	de cui l/s pa ces de	r m <sup>2</sup> service p d'inoccupa	de cu 3,6 m <sup>3</sup> pouvant	par m <sup>2</sup>
	de logement (nombre de pièces principales)	minimal total en m³/h	mini en cu en n	bit imal iisin n <sup>3</sup> /h	Débit normal en cuisine en m³/h	Salles ou d	Dét s de bain louches i m <sup>3</sup> /h	it norma tre rédui s Aut	e) 0,1 il en piè it en pér re salle i en m <sup>3</sup> /	l/s pa	sson r m² e service d'inoccupa Cabine unique en m³/h	3,6 m³ pouvant ation et d'aisanc multiple par	par m <sup>2</sup> es en m <sup>3</sup> / local
8.7.3. DÉBITS D'EXTRACTION	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6	minimal total en m³/h 35 60 75 90 105 120	mini en cu en n	bit imal iisin n³/h 0 0 5 5 5	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135	Salles ou d	Dét s de bain louches m³/h 15 15 30 30 30 30 30	it norma tre rédui s Aut	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m <sup>3</sup> / 15 15 15 15 15	l/s pa	sson r m² e service p d'inoccup: Cabine unique en m³/h 15 15 30 30 30	de cu 3,6 m³ pouvant ation et d'aisand multiple par	par m <sup>2</sup> par m <sup>2</sup> par m <sup>3</sup> / local 15 15 15 15
DÉBITS	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7	minimal total en m³/h 35 60 75 90 105 120 135	mini en cu en n	bit imal isin 0 0 0 5 5 5 5 5	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135	Salles ou d en	Dét s de bain louches i m³/h 15 15 30 30 30 30 30 30	it norma itre rédui s Aut d'eau	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15	l/s pa ces de iode (	e service d'inoccupa Cabine unique en m³/h 15 15 30 30 30 30	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisano multiple par	par m <sup>2</sup> par m <sup>2</sup> par m <sup>3</sup> / local
DÉBITS	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do Les débits do être réduits pa	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 sivent attei d'extractior ar des dis	minien cuen n  22 33 44 44 44 40 ndre con peuropositifs	bit imal hisinn <sup>3</sup> /h 0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135 Valeurs dans l	Salles Ou d en	Dét s de bain louches i m³/h 15 15 30 30 30 30 30 30	it norma itre rédui s Aut d'eau	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15	l/s pa ces de iode (	e service d'inoccupa Cabine unique en m³/h 15 15 30 30 30 30	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisano multiple par	par m <sup>2</sup> par m <sup>2</sup> par m <sup>3</sup> / local 15 15 15 15
DÉBITS	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do Les débits do être réduits p réglage, sous total extrait du réduit de la cui	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 sivent attei d'extractior ar des dis réserve que logement isine soien	minien cu en n	bit imal isinn <sup>3</sup> /h 0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135 valeurs dans l  Nombre de principa du logen t Débit to	Salles ou d en pièces ales nent otal	Dét s de bain douches i m³/h 15 15 30 30 30 30 30 30 ditions	it norma itre rédui s Aut d'eau	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15	Vs pa	cabine my cabine cabine my cabine my cabine my cabine my fi 15 15 30 30 30 30 30 30 30 30 30	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisanc multiple par	ess m <sup>3</sup> /local
DÉBITS D'EXTRACTION	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do Les débits do être réduits préglage, sous total extrait du	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 sivent attei d'extractior ar des dis réserve que logement isine soien	minien cu en n	bit imal isinn <sup>3</sup> /h 0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135  Valeurs dans l	Salles ou d en  es con  pièces ales nent otal al al i/h) nimal isine	Dét (6 de bain douches 1 m³/h 15 15 30 30 30 30 30 ditions	it norma itre rédui s Aut d'eau	e) 0,1 Il en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	de cui	sson r m² s service e d'inoccup: Cabine unique en m³/h 15 15 30 30 30 30 ses d'hive	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisanc multiple par	ses en m³/l local
DÉBITS D'EXTRACTION  8.7.4. AÉRATION	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do Les débits do être réduits p réglage, sous total extrait du réduit de la cui	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 sivent attei l'extractior ar des dis réserve qui logement isine soien eurs ci-cor	minien cuen n  2 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1	bit imal iisinal 0 0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135 valeurs dans l t Nombre de principa du logen t t t Débit min (en m³ Débit min de la cui (en m³	Salles Ou d en  es con pièces ales nent otal al isine //h)	Dét (6 de bain douches 1 m³/h 15 15 15 30 30 30 30 ditions 1 35 20	it norma itre rédui s Aut d'eau	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	de cui Vs pa ces de iode (	SSON   r m²   2   Service   d'inoccup: Cabine unique en m³/h   15   15   30   30   30   30   30   105   45   DÉB	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisanc multiple par	uisson par m² pa
DÉBITS D'EXTRACTION	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do Les débits do ètre réduits paréglage, sous total extrait du réduit de la cui égaux aux val	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 vivent attei d'extractior ar des dis réserve que logement isine soien eurs ci-cor	minien cuen n  2 2 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1	abit imal isin n³/h 0 0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135  valeurs dans l t Nombre de principa du loger t t Débit te minim (en m³  Débit min de la cui (en m³  CLASS DE LA FEN	Salles ou d en  es con  pièces ales nent  otal al //h) nimal isine //h)	Dét (6 de bain douches 1 m³/h 15 15 15 30 30 30 30 30 ditions 1 35 20	climatiq 2 60 30	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	de cui Vs pa ces de iode (	Second   S	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisanc multiple par  120 45	par m <sup>2</sup>   par m <sup>2</sup>
DÉBITS D'EXTRACTION  8.7.4. AÉRATION  8.7.5.	de logement (nombre de pièces principales)  1 2 3 4 5 6 7 Ces débits do être réduits préglage, sous total extrait du réduit de la cui égaux aux valures performations performations performatiques perfor	minimal total en m³/h  35 60 75 90 105 120 135 bivent attei l'extractior ar des dis réserve qui logement isine soien eurs ci-cor  P 20-302 des fenêt ances aux a l'air, d'étz istance au ant est rec	minien cuen n  2 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	bit imal iisin 0 0 5 5 5 5 ven ven s de débi débi oins	Débit normal en cuisine en m³/h  75 90 105 120 135 135 135 135 135  valeurs dans l t Nombre de principa du loger t t Débit te minim (en m³ Débit min de la cui (en m³  CLASS DE LA FEN  A1 (m =	Salles ou d en  es con pièces alles nent otal dal (/h) nimal isine (/h)	Dét (6 de bain douches 1 m³/h 15 15 30 30 30 30 30 ditions 1 35 20 APPE	climatiq 2 60	e) 0,1 l en piè it en pér re salle en m³/ 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	de cui Vs pa ces de iode (  ys pa 4 90 45	Second   S	de cu 3,6 m³ pouvant ation at d'aisanc multiple par	

### 8.8. EXEMPLE D'UNE MAISON EN ZONE FROIDE

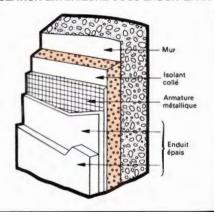




### ISOLATION EXTÉRIEURE SOUS ENDUIT MINCE

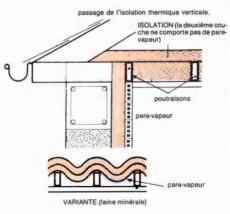


#### ISOLATION EXTÉRIEURE SOUS ENDUIT ÉPAIS

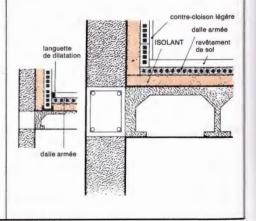


### EXEMPLES D'ISOLATION

### LA TOITURE



### **VIDE SANITAIRE OU SOUS-SOL**



### 8.9. SCHÉMAS ET REPÉRAGE DES CIRCUITS PERMETTANT D'EFFECTUER LES RACCORDEMENTS (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

Le nombre des CIRCUITS DE CHAUFFAGE est défini en fonction de l'implantation des appareils de chauffage, le type de logement, en respectant les normes C15-100.

nombre minimal de circuits de chauffage selon le type de logement (recommandations Promotélec)

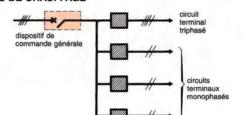
type de logement	studio	T1-T2-T3	T4	T5-T6 et plus
nombre mini de circuits	1	2	2 ou 3	3

section			1,5 mm <sup>2</sup>	(1)	2,5 mm <sup>2</sup>	!	4 mm <sup>2</sup>		6 mm <sup>2</sup>	
dispositif de calibre (A)	prot	ection	fus. 10	disj. 10	fus. 16	disj. 20	fus. 20	disj. 25	fus. 25	disj. 32
puissance	mone	230 V	2,25	2,25	3,5	4,5	4,5	5,72 (2)	7,25 (2)	7,25(2
maximale	tri	230 V	3,9	3,9	6,06	7,8	7,8	9,91 (2)	12,56 (2)	12,56(2
délivrée (kW)	tétra	400 V	6,75	6,75	10,5	13,5	13,5	17,16 (2)	21,75 (2)	21,75(2

- (1) Une canalisation de 1,5 mm<sup>2</sup> ne doit alimenter qu'un seul appareil de chauffage.
- (2) Ces puissances correspondent au maximum autorisé pour 1 circuit.

#### **COMMANDE DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE**

- Doit être réalisée par un dispositif coupant simultanément tous les conducteurs actifs (phases et neutre).
- Interrupteur ou disjoncteur général à toute l'installation de chauffage.



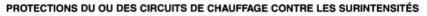
7 kW maxi par circuit monophasé terminal

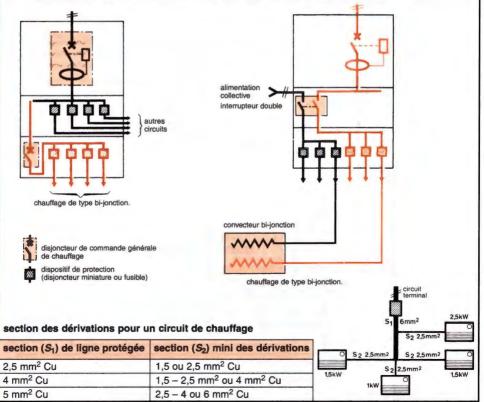
par circuit monophasé

21 kW maxi

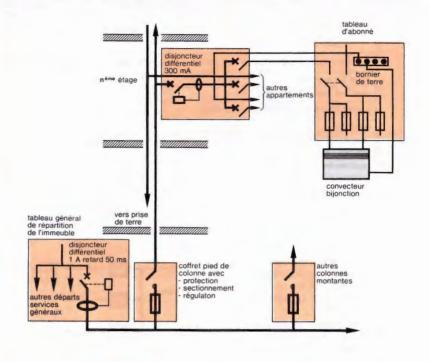
terminal

8.9.1. INSTALLATIONS **DE CHAUFFAGE** INDIVIDUEL



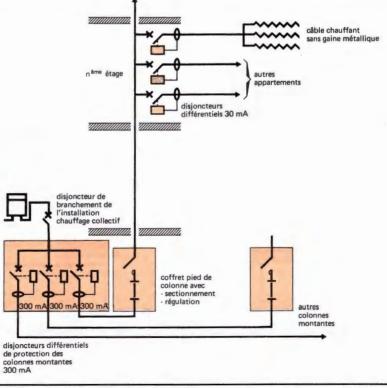


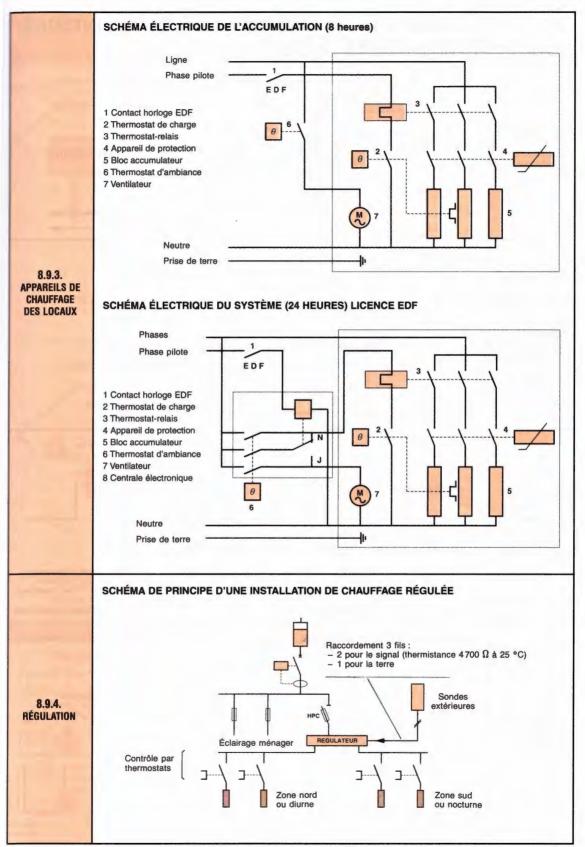
### CHAUFFAGE COLLECTIF BI-JONCTION

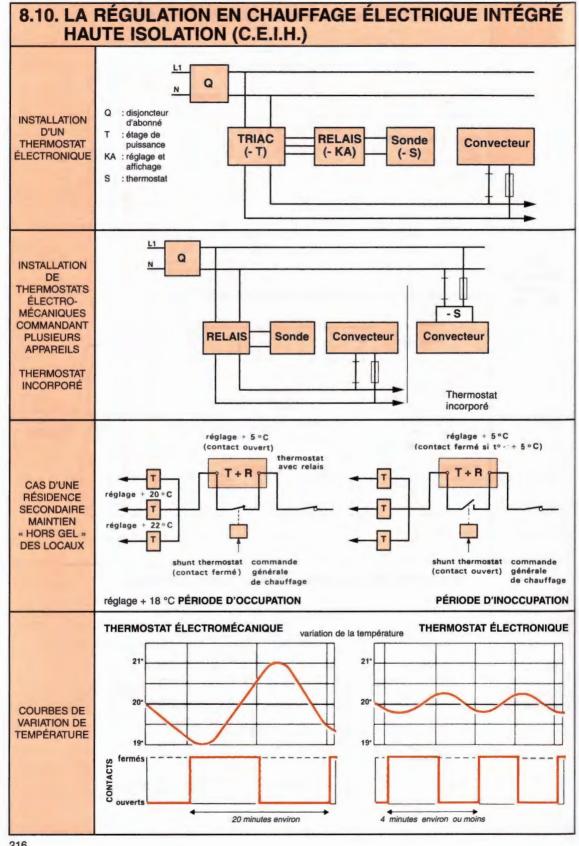


8.9.2.
INSTALLATIONS
DE CHAUFFAGE
COLLECTIF

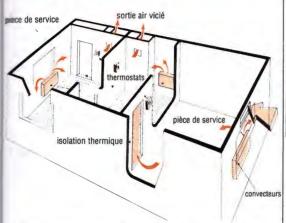
### CHAUFFAGE COLLECTIF PAR CÂBLES CHAUFFANTS SANS GAINE MÉTALLIQUE



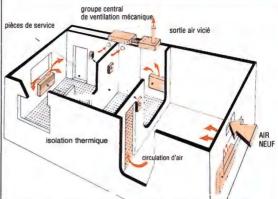




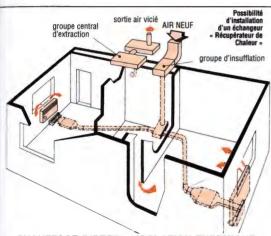
# 8.11. ÉLÉMENTS CHAUFFANTS UTILISÉS EN C.E.I.H. (PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE)



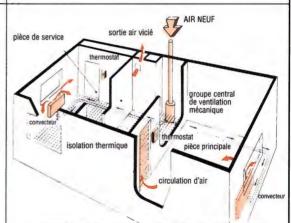
CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION NATURELLE /



CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC) / INDÉPENDANTE DES APPAREILS DE CHAUFFAGE Procédé «simple flux» par dépression

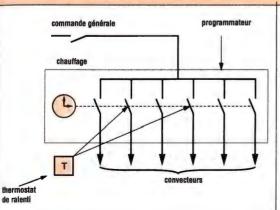


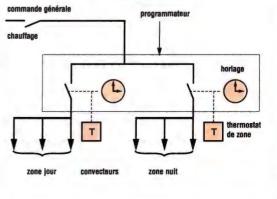
CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC) / Procédé « double flux » avec échangeurs

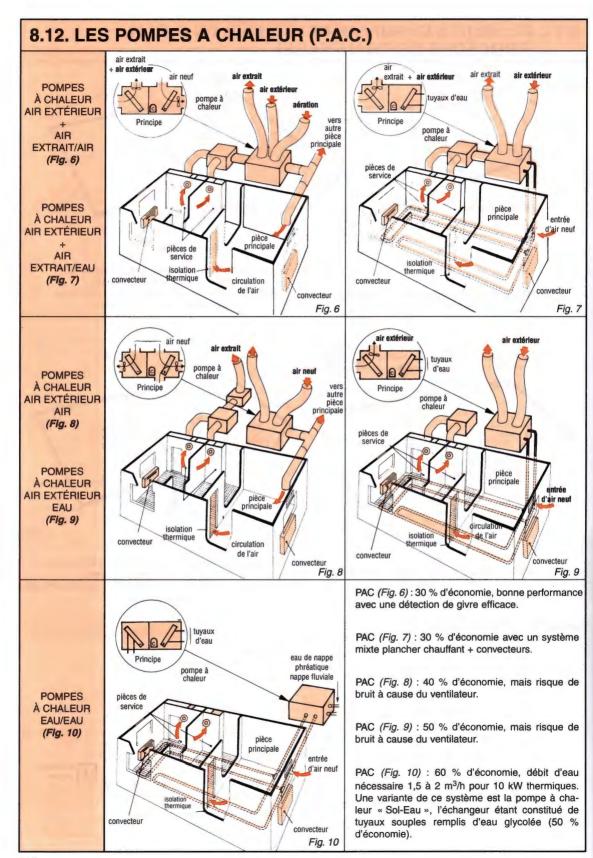


CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC) / DIRECTEMENT ASSOCIÉE AUX APPAREILS DE CHAUFFAGE Procédé ELVACO

#### PROCÉDÉS DE PROGRAMMATION







# 8.13. EXEMPLE D'ÉTUDE THERMIQUE (PAVILLON)

# SOIT À ÉQUIPER UN PAVILLON DE TYPE F4 QUI COM-PREND :

- un niveau avec garage
- des menuiseries extérieures en bois de classe A<sub>3</sub> équipées de volets pleins
- une aération assurée par ventilation mécanique contrôlée à deux vitesses
- zone climatique H1
- température minimale de base : 7 °C
- exposée au vent Ex1

# **DIMENSIONS:**

- surface habitable : 68 m2 plus 21,56 m2 de garage
- hauteur des pièces sous plafond : 2,5 m

- surface des murs extérieurs :	55	m
- surface du mur intérieur du garage :	20	m
TOTAL:	75	m
- surface de la porte extérieure d'entrée én = 0.05 :	2	mí

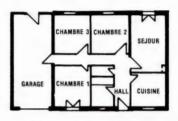
- longueur des liaisons : \_\_\_\_\_\_ 34 m

#### **ISOLATION THERMIQUE:**

- murs : 10 cm de polystyrène expansé moulé de classe III
- toiture : 20 cm de laine de verre (fibre minérale)
- plancher : 10 cm de polystyrène expansé moulé de classe III
- vitrages doubles
- porte d'entrée : bois résineux lourd
- LES CALCULS DES COEFFICIENTS G et B IMPLI-QUENT:
- le calcul K des parois
- le calcul k des liaisons (ponts thermiques)
- le calcul des déperditions par les parois
- le calcul des déperditions par les liaisons
- le calcul des déperditions par renouvellement d'air.



Vitrages Nord = 5,5 m<sup>2</sup>



Vitrages Sud = 4,5 m<sup>2</sup>

SURFACE HABITABLE 68 m<sup>2</sup> + 21.56 m<sup>2</sup> GARAGE

# CALCULS DES COEFFICIENTS K DES PAROIS

- Résistances superficielles : \_\_\_\_\_\_ 0,170
- Résistance de l'enduit ciment (§ 8.6.) :

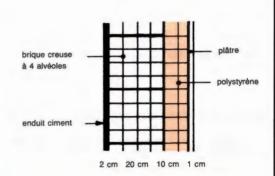
- Résistance de l'isolant polystyrène (§ 8.6.)

- Résistance de la brique creuse (§ 8.6.)

 Résistance de l'enduit plâtre à parement de carton intérieur (§ 8.6.)

$$\frac{\theta}{\lambda} = \frac{0.01}{0.40} = 0.025$$

# RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE



Soit 
$$K = \frac{1}{3,168} = 0,31 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

Note: Les données nécessaires aux calculs sont données dans le DTU (Documents Techniques Unifiés).

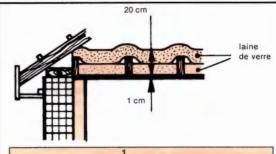
# CALCULS DES COEFFICIENTS K DU PLAFOND

- Résistances superficielles : \_\_\_\_\_
- Résistance de la laine de verre (§ 8.6.)

- Résistance du plâtre (§ 8.6.)

Hesistance du plâtre (§ 8.6.)
$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,010}{0,35} = \frac{0.010}{0.000}$$

# RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE



Soit 
$$K = \frac{1}{5,050} = 0,20 \text{ W/m}^2 \,^{\circ}\text{C}$$

béton plein granulats

polystyrène

lourds siliceux calcaire

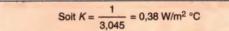
# CALCULS DES COEFFICIENTS K DU PLANCHER BAS

- Résistance du béton

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,175}{1.2} = \frac{0,145}{1.2}$$

- Résistance du polystyrène

# RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE



17.5 cm

3,045

# CALCULS DES COEFFICIENTS & DES LIAISONS

Plancher bas et murs extérieurs (brique en bout de dalle)

On donne: k = 0,17

L = 34 m (Longueur de liaison)

# On donne: $d_1 = 2 k L$

Soit 
$$d_1 = 2 \times 0.17 \times 34 = 11.56 \text{ W/°C}$$

# DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS $d = k\tau S$

TYPES DE PAROIS	K (ou k) W/m <sup>2</sup> °C	τ	S m <sup>2</sup>	KtS W/°C
Murs extérieurs	0,31	1	55	17,05
Mur int. Garage	0,31	0,85	20	5,27
Vitrages	2,5	1	10	25
Toiture	0,20	1	72	14,4
Plancher bas	0,38	0,85	72	23,25
Porte d'entrée	3,75	1	2	7,50

TOTAL DES DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS (dp)

92,50

parois en contact avec l'extérieur :  $d = ks (\tau = 1)$ parois en contact avec un local non chauffé :  $d = K\tau s$ épaisseur de la lame d'air 8 mm, bois, bonne fermeture k = 2,5

ventilation faible

porte en bois résineux lourd

$$\lambda = 0,187 \text{ (§ 8.6.) } R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,050}{0,187} = 0,267 \text{ (§ 8.6.)}$$

$$K = \frac{1}{0,267} = 3,75$$

TOTAL DES DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS ET LES LIAISONS  $(d_p + d_i)$ 

92,50 + 11,56 = 104 W/°C

# DÉPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR DÉBIT SPÉCIFIQUE DE VENTILATION

Le DTU donne d'une façon générale

$$Q_{\rm V} = \frac{(5 \times Q_{\rm SM}) + Q_{\rm SM}}{6}$$

Q<sub>sm</sub>: débit minimal (§ 8.7.3.)

Q<sub>sM</sub>: débit maximal (§ 8.7.3.)

$$Q_{\rm v} = \frac{(5 \times 90) + 180}{6} = 105 \,\mathrm{m}^3/\mathrm{h}$$

	Q <sub>sM</sub>	Q <sub>sm</sub>
CUISINE	120	
SALLE DE BAINS	30	45
WC	30	
TOTAL	180	90*

Volume du logement : 68 x 2,5 = 170 m<sup>3</sup>

$$Q_{\rm v} = 105 > {\rm a} \; \frac{170}{2} \; {\rm c'est \; donc \; le \; nombre} : \frac{105 \; {\rm m}^3/{\rm h}}{1000}$$

qui sera retenu

\* Débit minimal total recommandé en m3/h

# DÉBIT D'INFILTRATION D'AIR DANS LES VITRAGES

Le DTU donne :  $d = \Sigma (m A_m e')$ 

Soit un débit d'infiltration d'air

$$Q_{\rm f} = 0.3 \times 10 \times 1.1 =$$
 3.3 m<sup>3</sup>/h

 $\emph{m}=0,3$  : perméabilité par  $\emph{m}^2$  des menuiseries extérieures de classe  $\emph{A}_3$ 

A<sub>m</sub> = 10 m<sup>2</sup> : surface des courants ou vitrages

e' = 1,1 : coefficient d'exposition au vent

# DÉBIT D'INFILTRATION D'AIR DANS LA PORTE D'ENTRÉE

Le DTU donne :  $d = \Sigma (m A_m e')$ 

Soit un débit d'infiltration d'air

$$Q_{\rm p} = 1.2 \times 2 \times 1.1 =$$
 2,64 m<sup>3</sup>/h

m = 1,2: perméabilité par  $m^2$  des menuiseries extérieures

 $A_{\rm m} = 2 \, {\rm m}^2$ : surface totale de la porte

e' = 1,1 : coefficient d'exposition au vent

# DÉBIT TOTAL D'INFILTRATION D'AIR

$$Q_f + Q_D = 3.3 + 2.64 = 5.94 \text{ m}^3/\text{h}$$

# **DÉBIT GLOBAL DE VENTILATION**

$$Q_u + Q_f + Q_p = Q = 105 + 5,94 = 111 \text{ m}^3/\text{h}$$

TOTAL DES DÉPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR (d = 0.34 Q)

# DÉTERMINATION DU COEFFICIENT G

Déperditions totales : 104 + 37,74 = \_\_\_\_\_ 141,74 W/°C

$$G = \frac{\text{DÉPERDITIONS TOTALES}}{\text{VOLUME HABITABLE}} = \frac{141,74}{170} = 0,83 \text{ W/m}^3 \text{ °C}$$

La valeur de G calculée (0,83) est donc conforme aux dispositions réglementaires.

Volume habitable: 170 m3

La valeur de G est à comparer avec les valeurs limites admissibles fixées par l'arrêté du 24 mars 1982 logement indépendant, zone climatique  $H_1$ , chauffage électrique, volume < 190 m<sup>3</sup>

=  $G = 0.95 \text{ W/m}^3 \,^{\circ}\text{C}$ 

# PUISSANCE DE CHAUFFAGE À INSTALLER

$$P = d \Delta t 1.2$$

Soit P = 141,74 × 25 × 1,2 = 4252,20 W

ou  $P = G V_h \Delta t 1,2$ 

Soit P = 0,83 × 170 × 25 × 1,2 = 4233 W

d = 141,74 W/°C

 $\Delta t = 25 \,^{\circ}\text{C}$ 

Température minimale de base : - 7 °C

Température intérieure : + 18 °C

(§ 8.4.5.)

V<sub>h</sub>: volume habitable = 170 m<sup>3</sup>

# DÉTERMINATION DU COEFFICIENT B

Cœfficient volumique de besoin en chauffage (calcul rapide) Calcul de la surface sud équivalente  $S_{\rm s}$  du logement :

$$S_{\rm s} = 2,16 \, {\rm m}^2$$

Calcul du rapport X

$$X = \frac{\frac{S_{s}}{\text{VOLUME HABITABLE}}}{G - \frac{1,5}{t}} \cdot \frac{e}{t} = \frac{\frac{2,16}{170}}{0,83 - \frac{1,5}{11,5}} \times 7$$

0,127

**EXPOSITION DES PAROIS VITRÉES** (données) Am S Cı Sa = AmSfC1 (m²) PAROI SUD: 2 - fenêtre 0.44 0.9 1 8,0 - porte-fenêtre 0.9 2.5 0,40 0.9 PAROL NORD: - fenêtre 0.44 0.22 0.26 0,40 0,9 0,22 0,20 porte-fenêtre 2,5

TOTAL :

# Coefficient F de couverture solaire

L'abaque donne pour X = 0.127 - F = 0.09

(inertie moyenne compte tenu de la présence d'un plancher lourd) F donné par le DTU

$$B = \left(G - \frac{1,5}{t}\right)(1 - F)$$

 $= \left(0.83 - \frac{1.5}{11.5}\right) (1 - 0.09) = \frac{0.644 \text{ W/m}^3 \text{ °C}}{}$ 

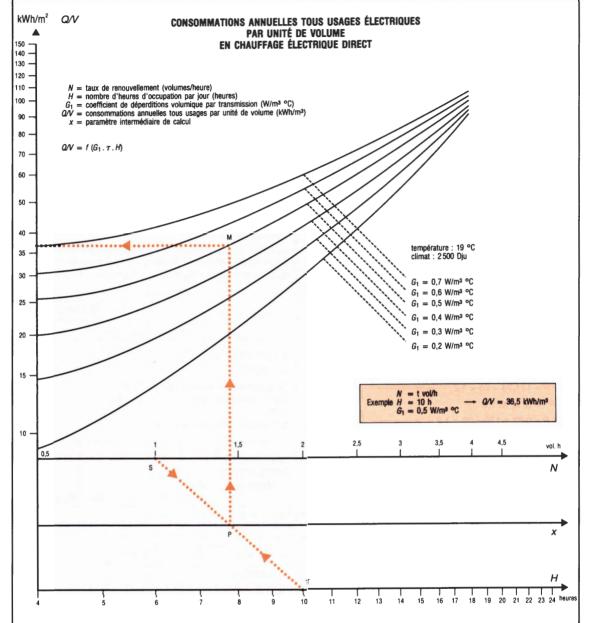
**Note:** concernant le choix du facteur d'ensoleillement f on peut considérer un léger ombrage dû à la végétation f = 0.9

 $\frac{e}{t}$  = 7 W/m<sup>2</sup> °C en zone H1

t = 11.5 °C en zone H1

2,16

# 8.14. ABAQUE DE CONSOMMATIONS ANNUELLES



Cet abaque donne pour le chauffage électrique direct les consommations totales annuelles tous usages électriques, dans les conditions suivantes :

- température intérieure : 19 °C
- climat zone B, 2 500 à 2 600 degrés-jours
- utilisation de l'électricité limitée au chauffage, à l'éclairage et aux petits usages (hors cuisson, eau chaude et production de froid)
- la ventilation mécanique ne marche qu'en période d'occupation.
- 1°) on porte sur les axes horizontaux les valeurs de :
  - N (taux de renouvellement d'air en période d'occupation) soit le point S
  - H nombre d'heures d'occupation sur le point T
- 2°) on joint S et T. Le segment de droite ST coupe l'axe des abscisses X en P
- 3°) on lit sur la courbe correspondant au G1 du bâtiment la valeur des consommations par unité de volume (point M)
- 4°) si la température intérieure est différente de 19 °C, on majorera le résultat de 8 % par degré supplémentaire.
- 5°) si les conditions climatiques sont différentes, on appliquera au résultat un coefficient égal au rapport des degrés-jours réels à 2 600, valeur retenue par l'abaque.

# 8.15. LEXIQUE

SYMBOLES	USUELS	
<b>G</b> (W/m³ °C)	Déperditions par transmission à travers les parois et par renouvellement d'air, pour une différence de température d'un degré entre l'intérieur et l'ex- térieur divisées par le volume habitable.	(W/r
λ (W/m °C)	Conductivité thermique utile. Flux de chaleur par mètre carré traversant en 1 heure 1 m d'épaisseur de matériau homogène pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	(s
R (m² °C/W)	Résistance thermique.	(
K (W/m² °C)	Coefficient de transmission surfacique d'une paroi, d'ambiance à ambiance. Flux de chaleur par mètre carré traversant une paroi pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	(s
k (W/m °C)	Coefficient de transmission linéique d'une liaison d'ambiance à ambiance. Flux de chaleur par mètre traversant une liaison pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	dime (s

# GRANDEURS ÉNERGÉTIQUES

# TEP et ses équivalences

Par convention, une tonne d'équivalent pétrole (TEP) est égale quel que soit le produit énergétique considéré, à 10 000 thermies de combustible calculées sur la base de son pouvoir calorifique inférieur (PCI) tel que

$$PCI = \frac{9}{10} PCS$$

PCS: Pouvoir Calorifique Supérieur

Le PCS comprend l'énergie normalement absorbée par l'évaporation de l'eau produite par la réaction d'oxydation du gaz lors de la combustion.

Les équivalences en énergie primaire de quelques énergies sont données ci-dessous :

- Électricité : 1 TEP = 4 500 kWh (EDF)

- Fuel domestique: 1 TEP = 1 160 litres fuel domestique

: 1 TEP = 12 920 kWh (PCS Gaz)

- Gaz (réseau) - Butane/propane : 1 TEP = 900 kg butane/propane

- Charbon : 1 TEP = 1 500 kg charbon

- Rois : 1 TEP = 6.66 stères (m3)

#### Pouvoir calorifique des principaux combustibles (PCI)

Fuel domestique 9,7 kWh/litre

Gaz de Laco 10.2 kWh/m3 (pris à 0 °C et 1.013 bar)

25,5 kWh/m3 (pris à 0 °C et 1,013 bar) Propane

Anthracite NPC\* 8,9 kWh/kg

\* Nord, Pas-de-Calais

#### Coefficients multiplicateurs

Dans le domaine de l'énergie, on utilise les mêmes coefficients multiplicateurs des unités de base que pour les autres unités physiques.

ou 103 Kilo (k) = 1000Méga (M) = 1 million ou 106 Giga (G) = 1 milliard ou 109 Tera (T) = 1 000 milliards ou  $10^{12}$ 

#### Mesure des quantités physiques

On utilise le poids pour le charbon et l'uranium (tonne et multiples), le volume pour le gaz (m3 et multiples).

<b>B</b> (W/m³ °C)	Coefficient volumique de besoins de chauffage. Valeur moyenne des besoins de chauffage d'un logement pour 1 degré de différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, divisée par le volume habitable.
(sans dimension)	Coefficient de couverture solaire. Fraction des besoins de chauffage couverts par l'énergie solaire.
<b>S<sub>s</sub></b> (m²)	Surface transparente sud « équivalente ». Elle représente de manière fictive une surface verticale vitrée totalement transparente exposée au sud et sans ombrage qui provoquerait les mêmes apports solaires que les différentes parois vitrées du logement en fonction de leur exposition respective.
(sans dimension)	Facteur d'ensoleillement. Rapport des énergies solaires reçues par une paroi avec et sans ombrage.
(sans dimension)	Coefficient de correction appliqué aux déperditions des parois donnant sur les locaux non chauffés.

Dans le cas du pétrole, on utilise le poids ou le volume. L'unité de volume la plus utilisée est le baril valant 159 litres. Une tonne de pétrole est équivalente, en moyenne, à 7,3 barils.

# Mesure des quantités d'énergie

Une quantité d'énergie se mesure avec les unités utilisées par les physiciens : thermie (th) ou wattheure (Wh).

On peut également mesurer la puissance, c'est-à-dire l'énergie par unité de temps : thermie par heure (th/h) ou watt (W).

# Kilocalorie (kcal)

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température une masse de 1 kg d'eau.

# · Chaleur massique

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température 1 kg de matériau.

# Chaleur volumique

C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température 1 m3 de matériau.

1 Wh = 0,860 kcal = 3 600 J (joule) 1 kcal = 1,163 Wh

1 Wh = 0,860 th (thermie) 1 thermie = 1.163 kWh

#### Mesure des températures

**ÉCHELLES DE TEMPÉRATURE** 

Degré	Point de fusion de la glace	Point d'ébullition de l'eau
Celsius	0 °C	100 °C
Réaumur	0 °R	80 °R
Fahrenheit	32 °F	212 °F
Kelvin	273 K	373 K

#### Mesure des pressions

L'unité de pression est le pascal (Pa).

= 10<sup>-5</sup> bar= 0,102 mm eau 1 Pa

 $= 10^5 \text{ Pa} = 1,02.10^4 \text{ mm eau}$ 

1 mm eau = 9,81 Pa = 0,98 . 10-4 bar

# 8.16. PRODUCTION DU FROID EN CLIMATISATION

(D'après CIAT)

# 8.16.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET DE CLIMATISATION

# DONNÉES BILAN THERMIQUE - Apports calorifiques par transmission - Apports supplémentaires par fenêtre au soleil - Apports par occupant - Apports par éclairage ou appareils électriques - Apports air neuf BESOINS - Nombre de fenêtres et type de vitrage, dimensions, avec ou sans stores, exposition et temps d'exposition - Murs extérieurs (à l'ombre, au soleil), dimensions Cloisons (entre deux pièces climatisées et non climatisées) intérieures, derrière vitrage - Plafonds (sous grenier ventilé, sous terrasse, sous locaux non climatisés) - Planchers (sur locaux non climatisés, sur sous-sols) Nombre d'occupants. - Points lumineux (puissance) - Appareils électriques (puissance) - Apport d'air (fonction du nombre d'occupants) CALCULS MÉTHODE RAPIDE DE CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES - Apports par transmission : § 8.16.2. - Fenêtres sans soleil. - Murs extérieurs - Cloisons - Plafonds - Planchers - Total des apports par transmission - Apports supplémentaires par fenêtre au soleil § 8.16.3. - Apports par occupant : 150 W x n\* - Apports par éclairage ou appareils électriques : - Nombre de lampes (ou spots) x puissance unitaire - Appareils électriques - Appareils électriques en kilocalories/h x 1,16 - Apports air neuf (environ 20 m<sup>3</sup>/h par personne → 100 × n\*) - Total des apports par éclairage ou appareils électriques ou par air neuf RÉSULTATS TOTAL GÉNÉRAL DES APPORTS CHOIX Le total général des apports permet de choisir dans la gamme des appareils autonomes (§ 8.16.4.) le DE L'APPAREIL modèle le mieux adapté en fonction également du mode de pose (mobiles, fixes...). \* nombre de personnes Nota: Cette méthode rapide de calcul permet d'approcher les apports calorifiques d'un local sans

connaissance particulière de la composition des murs, cloisons, etc.

Cette méthode s'applique à la détermination d'une climatisation de confort.

Pour une étude plus précise, utiliser les règles du DTU, développées dans les chapitres précédents.

# 8.16.2. APPORTS PAR TRANSMISSION

	d	t*	Surface	Ammont	
APPORTS PAR TRANSMISSION	6°C	7°C	Surrace	Apport	
	K · dt	= W/m <sup>2</sup>	S en m <sup>2</sup>	K · dt · S	
Fenêtres sans soleil :					
- simples	35	40			
- double vitrage ou pavés de verre	23	28			
Murs extérieurs :					
- à l'ombre	7	8			
- au soleil	10,5	12			
Cloisons (entre pièces climatisées et non climatisées) :			1		
- intérieures	7	8			
derrière vitrage	44	46,5			
Plafond :					
- sous grenier ventilé :					
sans isolation	28	31			
avec isolation 25 mm	17,5	18,5			
avec isolation 50 mm	13	14			
- sous terrasse :					
sans isolation	44	46			
<ul> <li>avec isolation 25 mm</li> </ul>	17,5	18,5			
<ul> <li>avec isolation 50 mm</li> </ul>	13	14			
- sous locaux non climatisés	8	10			
Planchers:					
- sur locaux non climatisés	8	10			
- Sur locaux Horr climatises	7	8			

TOTAL\*\*

# 8.16.3. APPORTS SUPPLÉMENTAIRES PAR FENÊTRE AU SOLEIL (Q)

						K	*						Surface	Apports		
ition		9	h			12	h			16	h				K. S = W	,
Exposition	sans	store	avec	store	sans	store	avec	store	sans	store	avec	store	S en m <sup>2</sup>		V. 9 = A	
	simple	double	int!	ext!	simple	double	int!	ext!	simple	double	int!	ext!		9 h	12 h	16 h
NE	285	244	128	71	172	147	78	43	128	110	57	32				
E	407	350	182	102	317	378	143	79	169	145	76	43				
SE	298	247	133	74	369	306	166	92	184	152	82	46				
S	68	56	30	17	232	192	105	58	233	189	105	58				
so	68	57	30	17	113	93	51	26	324	268	145	81				
0	72	62	32	19	100	85	45	28	358	304	160	90				
NO	63	53	28	16	93	79	42	23	179	152	80	45				

\* K: coefficient en W/m2

S: surface vitrée en m²

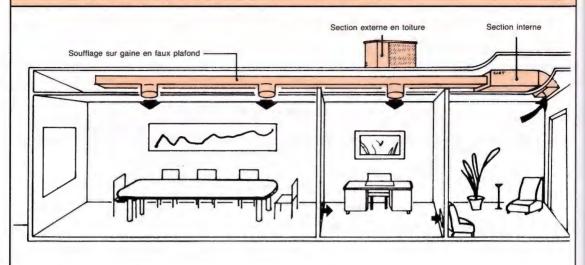
\*\* : prendre la plus grande valeur

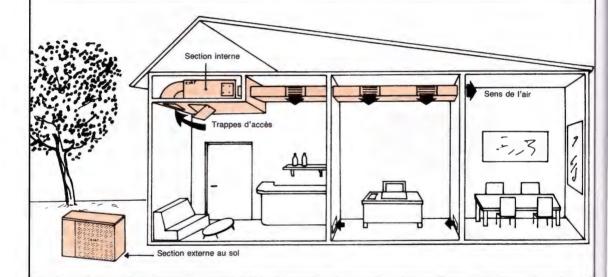
<sup>\*</sup> dt : différence entre les températures intérieure et extérieure ; prendre, pour les calculs, l'une ou l'autre des 2 valeurs indiquées dans le tableau afin de s'approcher le plus possible de la puissance d'un appareil de climatisation.

#### 8.16.4. GUIDE DE CHOIX D'UN APPAREIL AUTONOME DE CLIMATISATION (D'après CIAT) APTITUDES PRINCIPE **PUISSANCE FRIGORIFIQUE** DÉSHUMIDIFICATION DÉBIT D'AIR TRAITÉ TYPE **NIVEAU SONORE** m<sup>3</sup>/h dB (A) ℓ/h A condensation 1870 0,8 280/360 33,5 par air GM<sub>8</sub> FROID DÉSHUMI-DIFICATION MOBILES CHAUFFAGE A condensation 2950 1.3 350/450 32.7 par air **GMS-12 FROID** DÉSHUMIDI-FICATION CHAUFFAGE 2950 356/410 Section A condensation par air intérieure : 36 Section extérieure : 27 SECTION INTÉRIEURE SXE A condenseur SR 10: 170 d'eau 300 à 350 23 2400 d'eau SR 15: 380 610 à 700 **AURAUX FIXES** 30 5050 d'eau SR 23: 700 960 à 1180 39 SECTION 8100 d'eau INTÉRIEURE SR A condensation SD 10: 300 à 350 23 par air 2300 SD 12: 490 à 560 26 3600 SD 15: 610 à 700 30 4650 SD 20: 720 à 820 35 5800 SD 23: 960 à 1180 38 7300 SECTION INTÉRIEURE SD

PUISSANC	E CALORIFIQUE		
	MODE DE POSE OU SECTION EXTÉRIEU		
	<b>*</b>	ALIMENTATION ÉLE	
w			OBSERVATIONS
1 400	INSTALLATION AU TRAVERS D'UN MUR OU D'UNE FENÊTRE	Puissance froid : 880 W Intensité froid : 4,2 A Intensité chaud : 6,5 A	Appareil totalement autonome. Monté sur roulettes. Équipé de thermostat. Sélecteur de fonctionnement. Installation rapide et aisée. Fonctionnement bruyant Faible rendement
-		Puissance froid : 1 220 W Intensité froid : 5,7 A	Appareils totalement autonomes. Montés sur roulettes. Fonctionnement silencieux. Équipés de thermostat. Sélecteur de fonctionnement. Installation rapide et aisée. Deux éléments séparés.
-	SECTION EXTÉRIEUR SXE	Puissance froid : 1 360 W Intensité froid : 6,7 A	Faible encombrement. Section intérieure :  - traitement d'air à deux vitesses,  - filtre d'air type cassette accessible et régénérable,  - télécommande infra-rouge : Marche-Arrêt,  - thermostat. Section extérieure :  - compresseur rotatif,  - moto-ventilateur hélicoïde. Deux éléments séparés.
1 800		Puissance froid : 870 W Intensité froid : 7,6 A	Traitement d'air :  - esthétique, intégration facile, peut être ins tallé verticalement (parois) ou horizontale ment (plafond) ;  - commande à distance avec thermostat ;
280	•	1 695 W 13,6 A	<ul> <li>ventilateur centrifuge.</li> <li>Groupe de condensation :</li> <li>compact, léger, s'installe aussi à l'intérieu</li> </ul>
4 500	SECTION EXTÉRIEUR SR	2 580 W 23,7 A	à proximité du local à climatiser (buande rie, cellier)     – compresseur hermétique. Deux éléments séparés.
-		Puissance froid : 985 W Intensité froid : 5,8 A	Confort et bien-être exceptionnels. Section intérieure : — intégration facile dans tout local,
-		1 310 W 7 A	peut être installé verticalement (parois) ou horizontalement (plafond).  Section extérieure:
-		1 970 W 10,3 A	mise en place facile,     encombrement réduit,     raccordement et accessibilité aisés,     maintenance facile.
-		2 185 W 11,3 A	maintenance facile.     Deux éléments séparés.
-	SECTION EXTÉRIEUR SD	3 040 W 15,4 A	

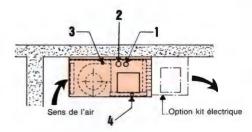
# 8.16.5. MISE EN PLACE DES ÉQUIPEMENTS - SCHÉMAS ARCHITECTURAUX





# POSITIONNEMENT D'UNE SECTION INTERNE





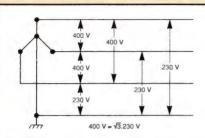
- 1 Raccordement frigorifique tube liquide
   2 Raccordement frigorifique tube aspiration
- 3 Alimentation électrique
- 4 Évacuation dense condensats

# 9. ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIAIRE

# 9.1. LA DISTRIBUTION PUBLIQUE BT

- LA DISTRIBUTION D'ÉNERGIE par le RÉSEAU BT convient principalement aux USAGERS DOMESTIQUES, ARTISANS, PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES, TERTIAIRE et EXPLOITATIONS AGRICOLES.

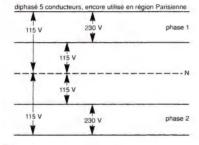
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)



230 V 230 V 131 V 131 V

9.1.1. LES TYPES DE RÉSEAUX

Réseaux de distribution normalisés en France



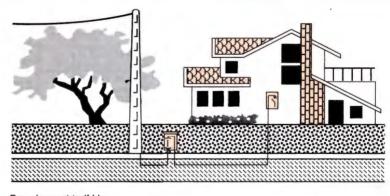
monophasé 2 conducteurs

230 V phase

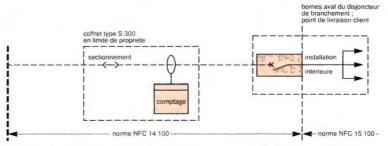
115 V 230 V phase

Réseaux encore existants

9.1.2. LE BRANCHEMENT TARIF BLEU



Branchement tarif bleu

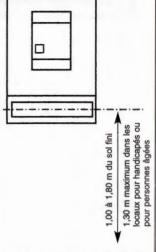


La responsabilité du distributeur d'énergie s'étend jusqu'au point de livraison client.

# 9.2. RÈGLES D'INSTALLATION ÉLECTRIQUES DOMESTIQUES

Section des Courant assigné maxi IN Nature conducteurs (A) des en cuivre circuits (mm<sup>2</sup>) Disjoncteur Fusible (1) 2.5 20 16 Prise de courant 16 A 1.5 16 interdit Prise de courant 1.5 16 10 commandée Prise de courant spécialisée 16 A ou 2.5 20 16 circuits spécialisés Circuit d'asservissement VMC. Fil pilote 1.5 2 interdit 9.2.1. Gestionnaire d'énergie **PROTECTION** Plaque de cuisson 32 32 6 en mono À L'ORIGINE Cuisinière 2.5 en tri 20 16 **DES CIRCUITS** Four indépendant 2.5 20 16 10 Éclairage 1.5 16 Chauffe-eau 2,5 20 16 Convecteurs 2 250 W 1.5 10 10 4 500 W 16 (3500 W) panneaux 2.5 20 5 720 W 25 20 (4500 W) radiants en 4 monophasé 7 250 W 6 32 25 1 700 W 1.5 16 **Planchers** Interdit 3 400 W 2.5 25 chauffants dans les 4 200 W 4 32 (PRE) en locaux 5 400 W 6 40 d'habitation monophasé 7 500 W 10 50 CIRCUITS SPÉCIALISÉS

Tableau de commande, de contrôle, de protection et de répartition :



Ces tableaux ne doivent être installés ni dans un placard, ni à proximité d'un point d'eau ou d'un appareil de chauffage.

(1) fusible à usage domestique

#### PRISES DE **FOYERS** PIÈCE OU PRISES ou BOÎTES PRISES COURANT **FONCTION** LUMINEUX 16A 16A 20A 32A 16A Salle de 5 (3) (4) 1 (1) (2) séjour Chambres 1 (1) (2) 3 (4) 1 (6) Cuisine 1 (1) (2) 6 (5) 2 1 Salle d'eau 1 (2) (8) 1 (7) 1 (8) Toilettes Entrée 1 (2) (8) \_ (9) 1 (2) (8) \_ (9) Lavage 1 \_ (10) Autre 1 (2) (8) \_ (9) \_\_ (10) \_ (10) \_ (10)

# Recommandations:

- (1) nombre minimum placé en plafond
- (2) peut être complété par des appliques ou des prises de courant commandées ne se substituant pas aux socles spécialisés ou non spécialisés
- (3) une prise de courant supplémentaire par tranche de 4 m² au delà de 20 m²
- (4) réparties en périphérie
- (5) dont 4 réparties au dessus du plan de travail
- (6) pour le lave-vaisselle
- (7) une prise rasoir de puissance comprise entre 20 et 50 VA peut être installée dans le volume 2
- (8) peut être placé soit au platond, soit en applique
- (9) une prise de courant 16 A + T au moins pour les locaux d'une surface supérieure à 4 m<sup>2</sup>
- (10) suivant le type de récepteur (VMC, congélateur, climatisation, chauffe-eau électrique, chaudière et ses auxiliaires, appareil de chauffage de salle de bain, pompe à chaleur, circuits extérieurs, piscine, automatismes)
- Chaque point d'éclairage équipé d'un socle DLC (Dispositif de Connexion pour Luminaire) doit être pourvu soit d'une douille DLC munie d'une fiche récupérable 2P + T pour la connexion ultérieure d'un luminaire, soit d'un luminaire équipé d'une fiche DLC.
- Lorsque des socles de prise de courant sont montés dans un même boîtier, ils sont décomptés selon le tableau ci-dessous. Ce tableau ne s'applique pas aux socles de prise de courant commandés pour lesquels chaque socle est compté comme un point d'utilisation.

Nombre de socles par boîtier	1	2	3	4	> 4
Nombre de socles retenus	1	1	2	2	3

9.2.2.

NOMBRE

MINIMUM

**DE FOYERS** 

LUMINEUX

**DE PRISES** 

**DE COURANT** 

	Équipements	Section en m	m <sup>2</sup>	N	ombre			Conditions d'uti	lisation		
	Prise de courant 16 A + T	2,5 1,5		8 socles 5 socles			Les socles de prise de courant doiver être du type à obturation. (Obligatoire a 1/07/04)				
	Prise de courant commandée 16 A + T	1,5		l'alimer sive	s destinatation e d'appare age mo	xclu- eils	Un interrupteur commande au maximu 2 socles situés dans la même pièce. Chaque socle commandé est considé comme un point d'éclairage.				
9.2.3. NOMBRE DE POINTS D'UTI- LISATION SUIVANT LA SECTION	Prise de courant spécialisée 16 A ou circuits spécialisés	2,5		3	circuits		linge, le lateur et	destinés à alin lave-vaisselle, le le sèche-linge. vu pour chaque entaire.	four, le congé- Un circuit doit		
	Plaque de cuisson Cuisinière	6 en mono 2,5 en tri		1	circuit			connexion ou so spécialisée.	ocle de prise de		
	Four indépendant	2,5		1	circuit			connexion ou so spécialisée.	ocle de prise de		
	Éclairage	1,5		8 poin	ts lumin	eux	2 circuits	minima pour log	ement $> 35 \text{ m}^2$ .		
	Chauffe-eau	2,5		1	circuit		Boîte de	connexion spéc	ialisée.		
Street, or other	Appareils de chauffage	1,5 à 10		Le nomb	ore d'app	areils pa	ar circuit e	st limité par la puis	sance absorbée.		
	Monophasé P ≤ 18 kVA	25 A		10 A	40		L'interrup	teur (ou disjond	teur) différentiel		
	Inonophase 1 3 10 KVA	type AC	ty	pe AC	type	1		doit protéger le de plaque de cuiss			
	Surface ≤ 35 m <sup>2</sup>	1		-	1			e, plaque de cuiss e chauffage élect			
	35 < Surface ≤ 100 m <sup>2</sup>	-		2 1		1		teur différentiel AC 30 mA calibre t être remplacé par un disjoncteur			
9.2.4. CHOIX DES	Surface > 100 m <sup>2</sup>	-		3				entiel AC 30 mA calibre 63 A.			
INTERRUPTEURS	Si l'emplacement d'un ditiel de préférence de ty		défi	ini, il est	recomm	nandé d	le le prote	éger par un disjo	ncteur différen-		
DISJONCTEURS		Type AC	Type	e de difféi	entiel ne	e détect	ant que le	es courants de dé	aut sinusoïdaux		
DIFFÉRENTIELS	Type de différentiels à associer aux disjoncteurs ou	Type A	Type de différentiel détectant également les courants de défaut à composante continue (Courants pouvant être générés par l'électronique de puissance)								
	aux interrupteurs	Type HI ou SI  Type de différentiel à Haute Immunité, réduisant les déclenchemer intempestifs dus à des perturbations haute fréquence.									
9.2.5.	Gaine Technique Logement (GTL)	doit contenir to le tableau de prise de coura tection anti-int Les dimension	répant 1 trusins so	es les arr artition p 6 A + T, I on ont de 60	rivées de rincipal, 'équiper 00 mm é	es rése , le tabl ment m en large	aux de p leau de d ultiservic	tion (individuels ouissance et de d communication, e à l'habitat (don 200 mm en profe une surface ≤ 35	communication, deux socles de notique), la pro- ondeur (respec-		
MODE DE POSE		teur du sol au	plat	fond.							
DES CANALISATIONS	Vide de construction	des constructi Les conduits d	ions oive	doivent nt pénétr	satisfair er librem	e aux e nent dan	essais de ns ce vide	posés directeme non propagation . La plus petite dir câble de la plus	n de la flamme. mension du vide		
	Goulotte							une protection n au moins 1,5 cr			
	Moulure	La partie infér	ieur	e des mo	oulures	doit être	e à au m	oins 10 cm du so	ol fini.		
9.2.6.	POSE DES CONDUCT OU CÂBLES	EURS		COND	UCTEUR	S ET CÂ	BLES	POSE EN FON HAUTEUR DU LE PLUS BAS AU			
POSE DES	Dans des rainures d'au	moins 6 mm	de		= 1			≤ 5 cm	> 5 cm		
OU CÂBLES	largeur, de cloisons ou			CONDUC			conduit	autorisée	autorisée		
DANS DES RAINURES	bois.		+	ISOL			conduit	interdite autorisée	autorisée autorisée		
OU CLOISONS OU HUISSERIES	(1) Pose du H 07 RN-F seu			SOL	JPLES	sans	conduit	(1)	autorisée		
J. J	(2) Pose du U 1000 R 12 seule autorisée.	N ou U 1000 R 2	V	S RIC	BIDES		conduit conduit	autorisée (2)	autorisée autorisée		

	Les vides intérieurs de certains éléments de la construction	EXEMPLE :			POS	SE DAN	NS LE	ES LISSES
	peuvent être utilisés pour le pas- sage des canalisations sous certaines conditions.  – VIDE : espace existant dans les parois des bâtiments (murs, cloisons, planchers, plafonds, etc.).  – Les conduits doivent être		couvre-join		3 ca	rin nalisatic ectrique	on	
	étanches et non propagateurs de la flamme.				EN FONCTION R LE PLUS BA			
9.2.7. POSE DES CANALISATIONS	<ul> <li>Les huisseries métalliques sont considérées comme des vides de construction.</li> <li>Dans les salles d'eau, n'uti-</li> </ul>	SÉRIES	PROTECTION MÉCANIQUE	LISSES DE COU	MUNIES VERCLES ITABLES		LIS	
DANS LES VIDES	liser que des conduits isolants.		5.5	≤ 5 cm	> 5 cm	≤ 5 cr	n	> 5 cm
CONSTRUCTION	<ul> <li>La surface intérieure des vides ne doit pas présenter d'aspérités pointues ou tran-</li> </ul>	H 07 U-V	AVEC CONDUIT	autorisé	autorisé	autor	risé	autorisé
	chantes susceptibles d'endom- mager les canalisations.	R ou K	SANS CONDUIT	interdit	autorisé	inter	dit	interdit
		FR-N 05 VV-U,		autorisé	autorisé	autor	risé	autorisé
	(1) Câble FR-N 07 RN-F et H 07	R ou A 05 VV-F	CONDUIT	interdit (1)	autorisé	autor (2)		autorisé (2)
	RN-F seul admis.  (2) Si le vide entre lisse et cloison n'est pas rempli de matériau isolant (laine de verre).	U 1000 R 2 V	AVEC CONDUIT SANS	autorisé	autorisé	autor		autorisé
		HZV	autorisé	autorisé (2)		autorisé (2)		
	<ul> <li>La protection mécanique de la canalisation doit être assurée</li> </ul>	NATUE	POUR POSE EN ENCASTRÉ					
	jusqu'à sa pénétration dans la boîte d'encastrement. – Le vide réservé à l'encastre- ment des appareils doit permet-		AVEC BO	ÎTE	SA	NS BOÎTE		
9.2.8.		Maçonnerie briques, béton	(pierres, , plâtre)	moellons,	autoris	é	interdit	
CONDITIONS D'ENCASTREMENT	tre de loger librement une lon- gueur de 10 cm de chaque	Huisseries mé	talliques		autoris	é	i	nterdit
DE L'APPAREILLAGE	conducteur.	Cloison compo des matières trices ou pous	autorisé		interdit			
		Cloisons con contenant ni p combustibles o	autoris	é	interdit			
	Le diamètre maximal extérieur du conduit à encastrer doit être choisi en fonction de l'épais- seur finie de la cloison, enduits éventuels compris.	Matériaux co	Épaisseur de cloison terminée enduit compris (mm)	Profon de I saign possi (mn	a iée ble	Diamètre extérieur maximal du conduit (mm)		
020		- Briques creu	ises de 35 e	nduites	50	1 alvé	•	15
9.2.9. ENCASTREMENT		- Briques creu			70	1 alvé		20
DANS LES CLOISONS		- Briques creu	ises de 80		100	1 alvé	ole	20
NON PORTEUSES D'ÉPAISSEUR	1	- Briques pleir	nes ou perfo	rées de 55	70	18		16
≤ 100 MM		- Blocs pleins	75	90	18		16	
		- Blocs creux	75	90	18		16	
		<ul><li>Carreaux plá</li><li>de 60</li></ul>	ue	- 1	60	20		16
	1.1	– de 70			70	20		16
		- de 80			80	20		16
000		- de 100			100	25		20

# 9.2.10. POSE DES SOCLES DE PRISES DE COURANT

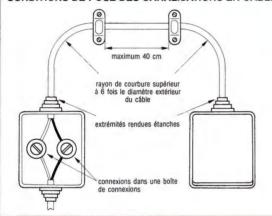
- Tous les socles de prises de courant sont du type (2P + T).
- Tous les socles de prises de courant (16 A) doivent être à obturateurs par construction.
- Protection des prises de courant (16, 20, 32 A) par un dispositif différentiel (30 mA) ou moins.
- Les prises extérieures ont un IP 25 et sont placées à 1 m du sol fini.





# 9.2.11. POSE DES CÂBLES EN APPARENT

# CONDITIONS DE POSE DES CANALISATIONS EN CÂBLE



# **TYPES DE CÂBLES**

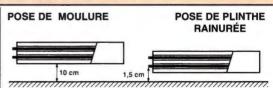
 Les séries FR. N 05 VV. U, R et A05 VV. F sont le plus souvent utilisées.

# CONDITIONS DE POSE

- L'encastrement des câbles ne peut se faire que dans des conduits.
- Les câbles doivent être fixés à l'aide de dispositifs appropriés ne les déformant pas.

# 9.2.12. POSE DE MOULURE, PLINTHE ET CHAMBRANLE

- Un seul conducteur isolé par rainure en bois, toutefois, il est admis d'en poser plusieurs si les conducteurs appartiennent à un seul et même circuit.
- Les moulures sont fixées sur des matériaux secs.
- Il est interdit de les encastrer et de les recouvrir de papier peint.
- Il est interdit de poser les moulures à moins de 6,5 cm de l'intérieur d'un conduit de fumée.



SECTION NOMINALE		NOMBRE DE CONDUCT	EURS PAR RAINURE	
DES CONDUCTEURS (mm²)	1	2	3	4
1,5	6 mm	6 mm	8 mm	8 mm
2,5	6	6	8	10
4	6	8	10	12
6	6	10	12	15
10	8	12	15	20
16	8	15	20	20
25	10	20	25	25
35	12	20	25	30
50	15	25	30	35

# 9.3. CANALISATIONS SOUS CONDUITS ENCASTRÉS

# 9.3.1. POSE AVANT ET PENDANT LA CONSTRUCTION

DANS LES MURS	ET CLOIS	NS PORTE	JSES	DANS LES PLANCHERS					
Nature des matériaux		rvant ou construction	Pose dans une réservation préparée à la	Nature des matériaux	Pose a pendant la	Pose dans une réservation préparée à la			
namie des materiaux	ICTL ICTA	IRL ICA	construction (tous conduits)		ICTL ICTA	IRL ICA	construction (tous conduits)		
MURS DE FAÇADE Pierre de taille Moellons divers Briques pleines ou per- forées à plat Briques creuses et blocs creux de terre cuite	interdite interdite interdite	interdite interdite interdite	(1) (1) (1)	Dalles pleines en béton Béton nervuré Béton nervuré avec hourdis Planchers préfabriqués Planchers chauffants Chapes Chaînages	autorisée autorisée (2) autorisée autorisée autorisée autorisée (4)	interdite autorisée autorisée (3) autorisée interdite interdite interdite	(1) (1) (1) autorisée (1) interdite interdite		
Blocs pleins en béton Blocs creux en béton Blocs en béton cellulaire Béton armé Béton banché Panneaux préfabriqués en béton Éléments de remplissage léger (murs rideaux)	autorisée autorisée autorisée autorisée interdite	interdite interdite autorisée (6) autorisée interdite	autorisée autorisée autorisée autorisée interdite	(1) Difficilement réalisable dans la pratique ou irréaliste. (2) Dans le vide des hourdis creux et dans les auges des hourdis. Conduits orange ICTL et ICTA interdits dans les vides. (3) Autorisé seulement si le conduit est prévu à la fabrication en usine (4) Interdite dans les chapes flottantes. Les traversées de ces chapes doivent faire l'objet de précautions particulières. (5) À résoudre cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage. (6) En parcours verticaux avant construction.					
MURS INTER PORTEURS Briques creuses et blocs creux de terre cuite Blocs pleins en béton Blocs creux en béton Blocs en béton cellulaire Béton armé Béton banché Panneaux préfabriqués en béton	interdite interdite autorisée autorisée autorisée	interdite interdite interdite autorisée (6) autorisée	(5) (1) autorisée autorisée	DANS LES CLOISONS I  – La pose sous conduits			NTERDITE.		

# 932 POSE EN SAIGNÉE APRÈS CONSTRUCTION

DANS LES MURS ET CLOISONS P	ORTEUSES	DANS LES CLOISONS NON PORTEUSES				
Nature des matériaux	Pose dans saignée faite après construction (tous conduits)	Nature des matériaux	Épaisseur e de la parol finie mm	Pose dans saignée faite après construction (tous conduits)		
MURS DE FAÇADE Pierre de taille Moellons divers Briques pleines ou perforées à plat Briques creuses et blocs creux de terre cuite Blocs pleins en béton Blocs creux en béton Blocs en béton cellulaire Béton armé	autorisée (1) (2)	Briques pleines ou perforées sur chant Briques creuses à 2 ou 3 alvéoles Briques creuses à 2 alvéoles Briques creuses à 1 alvéole Blocs creux en béton Blocs pleins en béton Carreaux pleins de plâtre Carreaux alvéoles de plâtre	100 < e < 140 65 < e < 100 {e > 50 {e < 50 70 < e < 150 e < 100 e > 80 e > 80 e > 80	autorisée (2) autorisée (2) interdite autorisée (3)		
Béton banché Panneaux préfabriqués en béton	(3)	DANS LES PL	e ≤ 80	1		
Éléments de remplissage léger (murs rideaux)  MURS INTÉRIEURS PORTEURS	interdite	Nature des matériaux	Pose dans sai	gnée faite après (tous conduits)		
Briques creuses et blocs creux de terre cuite Blocs pleins en béton Blocs creux en béton Blocs en béton cellulaire Béton armé Béton banché Panneaux préfabriqués en béton	(2) autorisée (4) (3)	Dalles pleines en béton Béton nervuré Béton nervuré avec hourdis Planchers préfabriqués Planchers chauffants Chapes Chainages	inte inte inte inte	erdite erdite erdite erdite erdite erdite (4) erdite		

- (1) Admise pour les surfaces revêtues. Avec couvre-joint sur les faces apparentes pour dissimuler les fissures éventuelles.
- (2) À résoudre cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage.
- (3) Difficilement réalisable dans la pratique ou irréaliste.

Panneaux préfabriqués en béton.

(4) En parcours vertical seulement. Interdit au droit des huisseries.

#### CLOISONS NON PORTEUSES, ÉPAISSEUR ≤ 100 mm

- La référence du conduit à encastrer ne doit pas dépasser celle indiquée au tableau § 9.2.9.
- Difficilement réalisable ou irréaliste.
- (2) Sous réserve de respecter les conditions particulières aux cloisons
- d'épaisseur finie au plus égale à 100 mm lorsque c'est le cas.

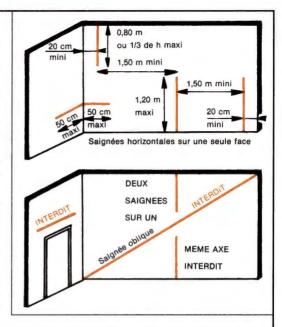
  (3) En parcours vertical seulement interdit au droit des huisseries.

  (4) À résoudre au cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage l'incorporation de canalisations électriques est interdite dans les chapes flottantes (isolation acoustique). Toute traversée de chape doit faire l'objet de précautions particulières.

Toutefois pour le cas de chape flottante sur lit de sable, la pose est autorisée dans ce lit de sable si celui-ci a une épaisseur suffisante.

#### **POSE DES CONDUITS**

- L'encastrement en tracé oblique n'est pas admis.
- Au-dessus des baies, les encastrements horizontaux ne sont pas admis.
- Les conduits ne doivent pas comporter de raccords sur leurs parcours encastrés, à l'exception de ceux nécessaires à la jonction avec les planchers (changement de type de conduit, etc.).
- La longueur d'encastrement des conduits rigides (R) est limitée à celle de la longueur de fabrication (pratiquement 3 m).
- Les conduits ne peuvent être logés que dans les vides longitudinaux constitués par les trous ou alvéoles en prolongement les uns des autres.
- Les conduits sont mis en position préalablement au montage de la cloison.
- En tracé horizontal, les conduits B peuvent comporter des raccordements sur leurs parcours, réalisés exclusivement à l'aide de manchons.



# 9.3.3. SAIGNÉES DANS LES CLOISONS D'ÉPAISSEUR MAXIMUM 100 mm

# **APRÈS L'EXÉCUTION DES CLOISONS**

- Les saignées se font uniquement dans les alvéoles en alignement.
- Les saignées sont exécutées à l'aide de machines spéciales à rainurer.
- Le recouvrement du conduit après rebouchage doit être au minimum de 4 mm.

# **EN TRACÉ HORIZONTAL**

- L'encastrement par saignée ne peut intéresser qu'une seule face de la cloison.
- L'encastrement ne peut être exécuté que sur une longueur de 0,50 m de part et d'autre de l'intersection de deux cloisons, ou d'une cloison ou d'un mur.

# **EN TRACÉ VERTICAL**

- L'encastrement ne peut dépasser 0,80 m au-dessous du plafond et 1,20 m au-dessus du sol fini. La longueur de 0,80 m peut être portée au 1/3 de la hauteur de la cloison s'il n'est réalisé dans celle-ci qu'un seul encastrement
- Dans une même cloison, la distance horizontale entre les axes de deux saignées verticales est d'au moins 1,50 m. Il est interdit d'exécuter, sur un même axe, un encastrement sous plafond et un encastrement au-dessus du sol.
- Les saignées ne peuvent être exécutées qu'à une distance minimale de 20 cm de l'intersection de deux parois (murs, poteaux, cloisons).

# SAIGNÉES DANS DES CLOISONS EN CARREAUX DE PLÂTRE À PAREMENTS LISSES

- Les saignées doivent être exécutées à 5 cm au moins des joints.
- Pour les cloisons d'épaisseur supérieure à 8 cm, la limitation du développé des saignées est étendue comme indiquée ci-après :
- en tracé horizontal, la longueur de 0,50 m est portée à 1 m.
- en tracé vertical, la longueur au-dessous du plafond est portée de 0,80 m à 2 m, la longueur au-dessus du sol fini de 1,20 m à 2 m.
- En outre, les longueurs peuvent être portées à hauteur d'étage s'il n'est exécuté qu'une seule saignée verticale dans la cloison.

#### CHAPES FLOTTANTES (ISOLATION ACOUSTIQUE)

- L'incorporation de canalisations électriques y est interdite.
- Toute traversée de chape doit faire l'objet de précautions particulières.

# 9.4. CANALISATIONS SOUS CONDUITS APPARENTS

	-		LOCAUX								
	Nature des conducteurs	Règles générales article norme NF C 15-100	Sans risques spéciaux (AD1) séjours, chambres, dégagements, greniers combles	Temporairement humides (AD2) cuisines, cabinets de toilette, garages de 10 m² au plus, caves celliers	Humides (AD3), locaux vide- ordures, stockage des ordures ménagères et auvents	Mouillés (AD4) ; buanderie et locaux de surpresseur	Emplacements extérieurs (AD5)	Salle d'eau	Garages de plus de 100 m² (1)	Chaufferies et sous-stations	Soutes à charbon, à scories
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	H07V – U R ou K – sous moulure en bois – sous moulure en plastique	529,2	a	x a	x x	x x	x a	x x	X (4)	x x	x x
9.4.1. CANALISATIONS FIXÉES AUX PAROIS	H07V – U R ou K – sous conduit en montage apparent (2)	529,1	a	а	1	ΙE	IE + air salin (3)	1	Р	PE	PE
	A05 VV U R ou F	529,3	а	а	а	а	а	а	(4)	×	х
	U100 R 2 V	529,3	а	a	а	а	а	а	а	a	a
	H07 RN-F	529,3	а	а	а	а	а	а	а	а	а
	Canalisations préfabriquées	529, 11	а	(5)	х	х	x	х	(5)	х	х

- Les plinthes, moulures, chambranles en bois sont conformes à la norme C 68-091.
- Les plinthes et moulures en matière thermoplastique sont conformes à la norme C 68-093.
- Les conduits servant au passage des conducteurs sont conformes aux normes C 68-100, C 68-111 à C 68-161.
- Les canalisations préfabriquées domestiques font l'objet de la norme C 61-306.
- La classification AD (présence d'eau) est définie par la norme C 15-100 (321-4).
- (1) Si le garage comporte une aire de lavage, celle-ci doit répondre en outre aux prescriptions de la colonne relative aux locaux mouillés (colonne 6).
- (2) L'indication de une ou plusieurs lettres signifie que ne sont admis que les conduits comportant les qualités correspondantes.
- (3) Air salin, s'il y a lieu.
- (4) Autorisé seulement au plafond.
- (5) Autorisé si elles possèdent le degré de protection IP 31 ; sinon, admises seulement au plafond

Légende : x : interdit.

IRL

CSA

a : Autorisé dans les conditions générales précisées dans les articles de la norme NFC 15-100 cités dans la colonne 2.

	Nature NATURE DES LOCAUX								
	des conduits (montage apparent)	Sans risques spé- ciaux (AD1)	Temporaire- ment humides (AD2)	Humides (AD3)	Mouillés (AD4)	Emplace- ments extérieurs (AD5)	Salles d'eau	Garages de + de 100 m <sup>2</sup>	Chaufferies en soutes
	IRL	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	MRL	oui	oui	non	non	non	non	oui	oui
	ICA	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
9.4.2.	CSA	oui	oui	non	non	non	non	oui si P	oui si P
DÉSIGNATION	ICTA	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
ET CHOIX DES	ICTL	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
CONDUITS EN MONTAGE APPARENT		élastiqu	its de section ues : NF C 6	n droite circu 8-105.	ulaire, isolar	nts, cintrable	s, déformable		

ICA : Conduits de section droite circulaire, isolants cintrables, non propagateurs de la flamme : NF C 58-106.

: Conduits de section droite circulaire isolants lisses rigides non filetables, non propagateurs de la flamme NF C 68-107.

MRL : Conduits de section droite circulaire, métalliques, lisses, rigides, très lourds, filetables et non filetables, non propagateurs de la flamme : NF C 68-108.

: Conduits de section droite circulaire, métalliques, flexibles, souples, lourds : NF C 68-109.

SECTIONS TOTALES, ISOLANTS COMPRIS DES CONDUCTEURS H07V (mm²)		SI	SECTIONS INTÉRIEURES UTILES DES CONDUITS (mm²)					
Section de	Section	totale	Référence	ICA ICTL	IDI	MR	L	CSA
'âme (mm²)	H07V – U ou R	H07V-K	Ø extérieur (mm)	ICTA	IRL	non filetable	filetable	GOM
1,5	8,55	9,6	16	30	44	51	45	30
2,5	11,9	13,85	20	52	75	85	74	52
4	15,2	18,1	25	88	120	134	124	88
6	22,9	31,2	32	155	202	230	217	155
10	36,3	45,4	40	255	328	370	354	255
16	50,3	60,8	50	411	514	593	573	411
25	75,4	95	63	724	860	961	923	724

Exemple: Passage dans un conduit de 3 circuits de conducteurs H07V-U:

- 1 circuit 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> → 17,1 mm<sup>2</sup> (2 x 8,55)
- 1 circuit  $3 \times 2.5 \text{ mm}^2 \rightarrow 35.7 \text{ mm}^2 \quad (3 \times 11.90)$
- 1 circuit  $3 \times 4$  mm<sup>2</sup> → 45,6 mm<sup>2</sup> (3 × 15,20)

Section totale: 98.4 mm<sup>2</sup>

Référence des conduits utilisables : ICA, ICTL, ICTA de 32 mm. IRL de 25 mm.

# Remarques:

- Une canalisation peut être constituée des conducteurs d'un ou plusieurs circuits.
- Un circuit est l'ensemble des matériels (conducteurs, appareillage...) de différentes phases alimentés par la même source d'énergie et protégés par le ou les mêmes dispositifs.
- Le circuit terminal est celui protégé par le dernier dispositif de protection.

Un câble, un conduit, ne doivent contenir que les conducteurs d'un seul et même circuit sauf si les quatre conditions suivantes sont simultanément remplies :

- Tous les conducteurs doivent être isolés pour la plus grande tension de service.
- Tous les circuits sont issus d'un même appareil général de commande et de protection, sans interposition d'appareils transformant le courant électrique (transformateur, redresseur...)
- Les sections des conducteurs de phase doivent être identiques ou ne pas différer de plus d'un double intervalle séparant trois valeurs normalisées successives (*Exemple*: 1,5 + 2,5 + 4 et non 1,5 + 4 + 6).
- 4. Chaque circuit doit être protégé séparément contre les surintensités.

Note: si les différents circuits intéressent une même machine il suffit de respecter les conditions (1) et (4).



9.4.3.

PASSAGE DE

**PLUSIEURS** 

CIRCUITS

DANS UN MÊME CONDUIT

Concernant les câbles souples, leur longueur peut être supérieure à 10 m ou leur section peut être inférieure à celle indiquée cicontre, à condition d'y adjoindre un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (de préférence  $I_{\Lambda\Omega} \le 30$  mA).

SOCLE DE PRISE DE COURANT (A)				
16				
20 ou 25				
32				
40 ou 50				
63				
80 ou 100				
125				
	(A)  16 20 ou 25 32 40 ou 50 63 80 ou 100			

9.4.5.
PUISSANCE
ADMISE EN
FONCTION
DU TYPE
DE DOUILLE

Ces valeurs sont valables pour des douilles métalliques ou en matière céramique. Pour les douilles en autres matériaux des valeurs plus faibles doivent être fixées.

Ces valeurs ne sont pas applicables aux douilles incorporées à des appareils d'éclairage.

ТҮРЕ		NOMINAL (A)	DE LA LAMPE (W)
DOUILLES À	B 15	2	60
BAÏONNETTE	B 22	4*	150
	E 14	1	200
DOUILLES À VIS	E 27	2	400
	E 40	15	3 000

\* Réduit à 2,6 A pour les douilles à interrupteur

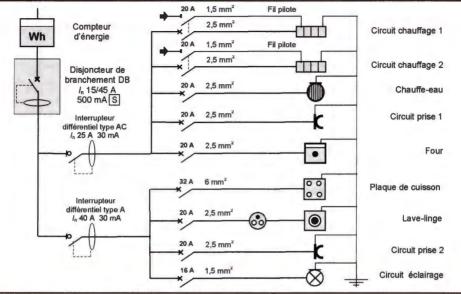
	Circuits	
	Car	nalisation
diffáror	do plue d'un	n double

# 9.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION

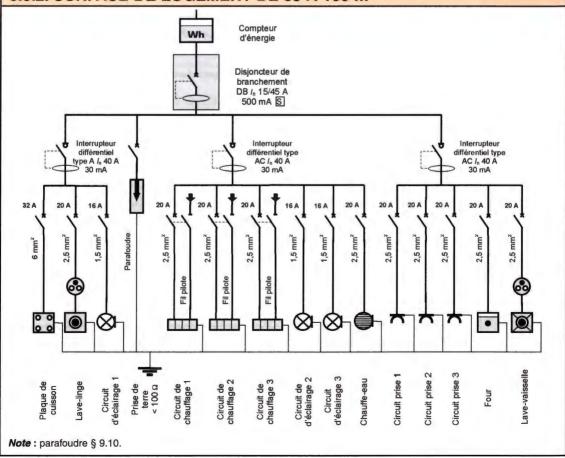
(NFC 15 100 du 5 décembre 2002 applicable à compter du 1er juillet 2004)

# 9.5.1. SURFACE DE LOGEMENT ≤ À 35 m<sup>2</sup>

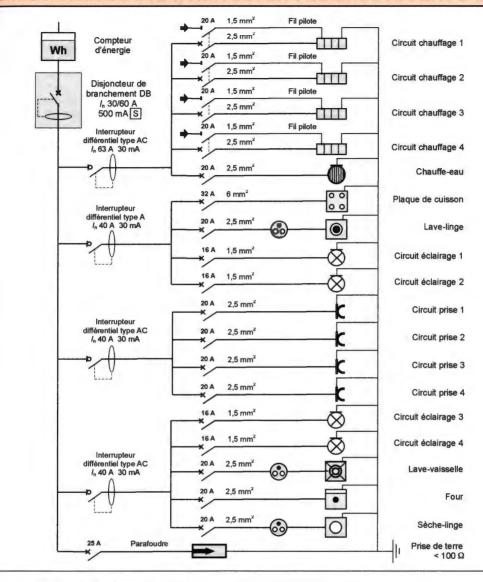
D'après HAGER-TEHALIT



# 9.5.2. SURFACE DE LOGEMENT DE 35 À 100 m<sup>2</sup>



# 9.5.3. SURFACE DE LOGEMENT OU DE MAISON INDIVIDUELLE ≥ 100 m<sup>2</sup>



# Dispositions complémentaires :

- Le conducteur de protection est obligatoire sur tous les circuits.
- Tout circuit terminal doit disposer, à son origine, d'un dispositif de sectionnement de tous les conducteurs actifs, y compris le conducteur de neutre. (Les disjoncteurs ou coupe-circuits portant la marque NF remplissent la fonction de sectionnement)
- Toutes les prises de courant ≥ 16 A doivent être du type à obturateur.
- Le tableau de répartition principal doit disposer d'une réserve minimale de 20 %.
- Si le disjoncteur de branchement (DB) est différentiel, il doit être du type S (sélectif) et sa sensibilité doit être au plus égale à 500 mA conformément aux règles de la norme N FC 14-100. Il assure ainsi une sélectivité différentielle totale avec les interrupteurs différentiels (ou les disjoncteurs différentiels) 30 mA placés en aval.
- Les circuits spécialisés doivent être mis en œuvre pour les applications suivantes lorsqu'elles sont prévues : les circuits extérieurs, piscines, chaudière, pompe à chaleur, climatisation, appareil de chauffage des salles de bains, toutes les fonctions d'automatismes domestiques...
- La mise en œuvre d'un parafoudre est obligatoire dans les régions où le niveau kéraunique est supérieur à 25 (influence externe AQ2). Dans ce cas, il est recommandé d'installer un parafoudre sur les circuits de communication.
- La résistance de la prise de terre à laquelle sont reliées toutes les masses de l'installation doit être inférieure à 100  $\Omega$ .
- Le sectionnement du fil pilote est obligatoire pour les installations de chauffage électrique.

Note: parafoudre § 9.10.

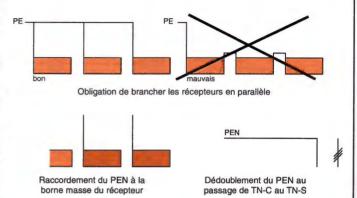
# 9.6. LES CONDUCTEURS DE PROTECTION (PE) (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

# 9.6.1. RACCORDEMENT ET CHOIX

- Les CONDUCTEURS DE PROTECTION assurent l'interconnexion des masses d'utilisation d'une installation BT et l'écoulement des courants de défaut d'isolement. Ils sont reliés à la terre en un point (ou plusieurs en schéma TN) par un conducteur de terre. Ce dernier doit comporter un dispositif (démontable seulement à l'aide d'un outil) pour permettre la mesure de la résistance de la prise de terre.
- Ils doivent être :
- repérés par la double coloration vert-jaune lorsqu'ils sont isolés ;
- protégés contre les risques mécaniques et chimiques.
- En schémas IT et TN, il est fortement recommandé de faire cheminer le conducteur de protection dans les mêmes canalisations que les conducteurs actifs du circuit correspondant.

#### CONNEXION

- Les conducteurs de protection (PE) doivent :
- ne pas comporter d'appareillage ou organe de coupure (coupe-circuit, disjoncteurs, interrupteurs, relais, etc.);
- relier les masses en parallèle et non en série ;
- dans les tableaux on prévoira une borne par conducteur PE.
- En schéma TT, le conducteur de protection peut suivre un parcours autre que celui des conducteurs actifs.
- En schémas IT et TN, le conducteur PE ou PEN doit cheminer à côté des phases, sans interposition de matériau ferromagnétique. Il doit toujours être raccordé à la borne masse d'un récepteur.
- En schéma TN-C le neutre et le conducteur de protection sont réunis en un seul conducteur : PEN.



# CHOIX DU CONDUCTEUR DE PROTECTION

Type de cor	ducteur de protection	Schéma IT	Schéma TN	Schéma TT	Condition de mise en œuvre
Conducteur supplémentaire	appartenant au même câble que les phases ou empruntant la même canalisation	fortement recommandé	fortement recommandé	bon	Le conducteur de pro- tection doit être isolé de la même manière que les phases.
	indépendant des conduc- teurs de phase	possible (1)	possible (1) (2)	bon	<ul> <li>Le conducteur de pro- tection peut être nu ou</li> </ul>
Enveloppe métalli briquées (5)	que de canalisations préfa-	possible (3)	PE possible (3) PEN (8)	bon	isolé <sup>(2)</sup> .  - La continuité électrique doit être assurée de
Gaine extérieure isolant minéral	des conducteurs blindés à	possible (3)	PE possible <sup>(3)</sup> PEN déconseillé <sup>(2) (3)</sup>	possible	façon à être protégée contre les détériorations
Certains éléments conducteurs <sup>(6)</sup> tels que :  – charpentes  – bâtis de machines  – conduites d'eau <sup>(7)</sup>		possible (4)	PE possible <sup>(4)</sup> PEN interdit	possible	mécaniques, chimiques et électrochimiques. – Leur conductibilité doit être suffisante.
Chemins de câble	s métalliques	possible (4)	PE possible <sup>(4)</sup> PEN déconseillé <sup>(2) (4)</sup>	possible	

Sont interdits : les conduits métalliques, les canalisations de gaz et de chauffage, les cuirasses de câbles.

- (1) En schémas TN et IT, l'élimination des défauts d'isolement est généralement confiée aux dispositifs de protection de surintensité (disjoncteurs ou fusibles) et l'impédance des boucles de défaut doit être aussi faible que possible. Le meilleur moyen pour arriver à ce résultat est encore d'utiliser comme conducteur de protection un conducteur supplémentaire appartenant au même câble (ou empruntant la même canalisation que les phases).
- (2) Le conducteur PEN remplit également la fonction de neutre. Il peut donc être parcouru par un courant important en permanence. Il
- est par conséquent recommandé d'utiliser un conducteur isolé.
- (3) Le constructeur indique les valeurs des composantes R et X des impédances nécessaires (phase/PE, phase/PEN). Cela permet de s'assurer des conditions pour le calcul des composantes de boucle.
- (4) Possible mais déconseillé car l'impédance des boucles de défaut ne peut pas être connue au moment de l'étude. Seules des mesures sur le site, une fois l'installation terminée, permettront de s'assurer de la protection des personnes.
- (5) Elle doit permettre le raccordement
- d'autres conducteurs de protection. Attention : ces éléments doivent comporter une indication visuelle individuelle vert/jaune de 15 à 100 mm de long (ou des lettres PE à moins de 15 cm de chaque extrémité).
- (6) Ces éléments ne doivent pouvoir être démontés que s'il est prévu des mesures compensatrices pour assurer la continuité de protection.
- (7) Sous réserve de l'accord du distributeur d'eau.
  (8) Dans les canalisations préfabriquées, l'enveloppe métallique peut être utilisée comme conducteur PEN, en parallèle avec la barre correspondante.

# 9.6.2. DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR DE PROTECTION (PE)

- Le NEUTRE et le CONDUCTEUR DE PROTECTION ne peuvent être confondus que si la section du conducteur PEN est ≥ 10 mm2 Cu ou ≥ 16 mm2 Alu.
- Un conducteur PEN est interdit en câble souple.
- Le conducteur PEN assurant la fonction de neutre ne peut avoir sa section inférieure à celle nécessaire pour le neutre.
- Cette section ne peut être inférieure à celle des phases que si :
- la puissance des récepteurs monophasés ne dépasse pas 10 % de la puissance totale ;
- l'intensité maximale susceptible de parcourir le neutre en service normal est inférieure à l'intensité admissible.

	Section des conducteurs de phase S <sub>ph</sub> (mm²)  Cu Alu		phase S <sub>ab</sub> (mm²) S		Section du conducteur PE	Section du conducteur PEN	The state of the s		
			conducted PE		principale de terre)				
≤ 16 ≤ 16 méthode 25	$S_{PE} = S_{PH}^{(1)}$	S <sub>PEN</sub> = S <sub>PH</sub>	- en présence de protection mécanique :						
		25	S <sub>PF</sub> = 16	avec mini 10 <sup>□</sup> Cu, 16 <sup>□</sup> Alu	$S = \frac{I\sqrt{t}}{k}(2)$				
simple	25, 35	35	OPE = 10	S <sub>PEN</sub> = S <sub>PH</sub> /2 à S <sub>PH</sub> (3)	– sans protection mécanique mais avec				
	> 35	> 35	$S_{PE} = S_{PH}/2$	avec mini 16 <sup>□</sup> Cu, 25 <sup>□</sup> Alu	protection contre la corrosion par la gain mini 16 mm <sup>2</sup> pour Cu ou acier galvanisé				
méthode adiabatique	quelcon	que	$S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}}{k} (1) (2)$		- sans protection mécanique et sans protection contre la corrosion mini de				
E- 4 Castia		lan dan an	andreadarina da musta	etion et des conducteurs de terre	25 mm <sup>2</sup> pour Cu nu et 50 mm <sup>2</sup> pour acier				

Polyéthylène

réticulé (PR)

Fig. 1 - Sections minimales des conducteurs de protection et des conducteurs de terre. galvanisé.

- (1) Lorsque le conducteur PE ne fait pas partie de la canalisation d'alimentation, les valeurs minimales doivent être respectées : - 2.5 mm2 si le PE a une protection mécanique, 4 mm<sup>2</sup> si le PE n'a pas de protection mécanique.
- (2) Voir les tableaux (Fig. 2 et 3) pour l'utilisation de cette formule. (3) De manière à respecter les conditions indiquées ci-dessus.

	vinyle (PVC)	propylène (EPR)		
Température finale (°C)	160	250		

Nature de l'isolant

polychlorure de

PVC		PR		Conducteurs isolés non	température initiale	température initiale	
Cu	Alu	Cu	Alu	incorporés aux câbles	0 initial = 30 °C	0 initial = 30 °C	
115	76	143	94	ou nus en contact avec			
13225	5776	20449	8836	le revêtement des câbles			
0,0297	0,0130	0,0460	0,0199	cuivre	. 143	176	
0,826	0,0361	0,1278	0,0552	aluminium	95	116	
0,2116	0,0924	0,3272	0,1414	acier	52	64	
0,4761	0,2079	0,7362	0,3181	Candustaum annatitu			
1,3225	0,5776	2,0450	0,8836		température initiale	température initiale	
3,3856	1,4786	5,2350	2,2620		0 initial = 30 °C	0 initial = 30 °C	
8,2656	3,6100	12,7806	5,5225			110	
16,2006	7,0756	25,0500	10,8241	cuivre	115	143	
29,839	13,032	46,133	19,936	aluminium	76	94	
	Cu 115 13225 0,0297 0,826 0,2116 0,4761 1,3225 3,3856 8,2656 16,2006	115 76 13225 5776 0,0297 0,0130 0,826 0,0361 0,2116 0,0924 0,4761 0,2079 1,3225 0,5776 3,3856 1,4786 8,2656 3,6100 16,2006 7,0756	Cu         Alu         Cu           115         76         143           13225         5776         20449           0,0297         0,0130         0,0460           0,826         0,0361         0,1278           0,2116         0,0924         0,3272           0,4761         0,2079         0,7362           1,3225         0,5776         2,0450           3,3856         1,4786         5,2350           8,2656         3,6100         12,7806           16,2006         7,0756         25,0500	Cu         Alu         Cu         Alu           115         76         143         94           13225         5776         20449         8836           0,0297         0,0130         0,0460         0,0199           0,826         0,0361         0,1278         0,0552           0,2116         0,0924         0,3272         0,1414           0,4761         0,2079         0,7362         0,3181           1,3225         0,5776         2,0450         0,8836           3,3856         1,4786         5,2350         2,2620           8,2656         3,6100         12,7806         5,5225           16,2006         7,0756         25,0500         10,8241	Cu         Alu         Cu         Alu         incorporés aux câbles           115         76         143         94         ou nus en contact avec le revêtement des câbles           13225         5776         20449         8836         cuivre           0,0297         0,0130         0,0460         0,0199         cuivre           0,826         0,0361         0,1278         0,0552         aluminium           0,2116         0,0924         0,3272         0,1414         acier           0,4761         0,2079         0,7362         0,3181         0,8836           1,3225         0,5776         2,0450         0,8836         2,2620           8,2656         3,6100         12,7806         5,5225           16,2006         7,0756         25,0500         10,8241	Cu         Alu         Cu         Alu         Incorporés aux câbles         0 initial = 30 °C           115         76         143         94         ou nus en contact avec le revêtement des câbles           0,0297         0,0130         0,0460         0,0199         cuivre         143           0,826         0,0361         0,1278         0,0552         aluminium         95           0,2116         0,0924         0,3272         0,1414         acier         52           0,4761         0,2079         0,7362         0,3181         0,8836         3,3856         1,4786         5,2350         2,2620           8,2656         3,6100         12,7806         5,5225         10,8241         cuivre         115           15         115         115         115         115         115	

Valeur de k

conducteurs des câbles (A2 · Sec · 106).

Fig. 2 - Contrainte thermique admissible maximum dans les Fig. 3 - Valeurs du coefficient k à retenir dans les formules (2) ci-dessus.

# 9.6.3. SECTION DES CONDUCTEURS DE PROTECTION ENTRE LE TRANSFORMATEUR HT/BT ET LE TABLEAU GÉNÉRAL BT EN FONCTION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT DE LA PROTECTION

La puissance à prendre en considération est celle de tous les transformateurs en parallèle. La NFC 15-100 indique la section des conducteurs (en mm²) entre transformateur HT/BT et tableau général BT en fonction :

- de la puissance nominale des transformateurs HT/BT (Pen kVA); - du temps d'élimination du courant de court-circuit par la protection Haute Tension (t en secondes):

- de l'isolation et de la nature du métal des conducteurs.

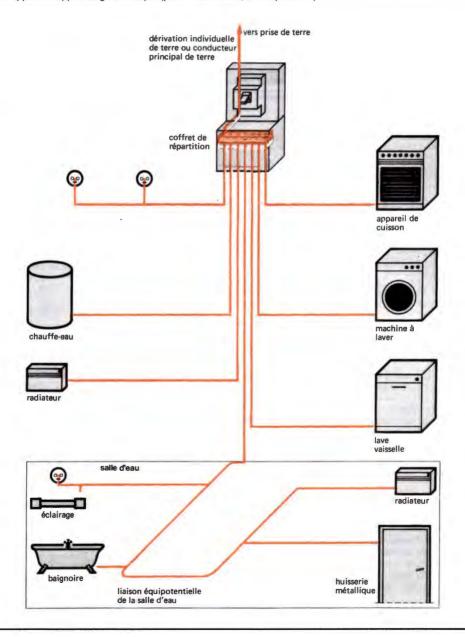
Si la protection est assurée par fusible HT, on utilisera les colonnes

P (k	(AV	Nature des conducteurs	Cond	ducteurs	nus	Conduc	PCV	olės au	Conduc	teurs is	olés au
Tensi	on BT	Cuivre t(s)	0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s	
130/ 230 V	230/ 400 V	Alu t(s)		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s		0,2 s	0,5 s
≤ 63	≤ 100	Section des	25	25	25	25	35	50	25	25	25
100	160	conducteurs	25	25	50	25	35	50	25	35	50
125	200	de protection	25	35	50	35	50	70	25	35	70
160	250	S <sub>PE</sub> (mm <sup>2</sup> )	25	50	70	35	50	95	35	50	70
200	315		35	50	95	50	70	120	35	70	95
250	400		50	70	95	70	95	150	50	70	120
315	500		50	95	120	70	120	185	70	95	150
400	630		70	95	150	95	150	240	70	120	150
500	800		70	120	185	95	150	240	95	120	185
630	1000		95	120	185	120	185	300	95	150	185
800	1250		95	150	240	120	240	300	120	185	240

En schéma IT, si un dispositif de protection contre les surtensions (cardew) est inséré, le même dimensionnement s'applique à ses conducteurs de raccordement.

# 9.6.4. EXEMPLE DE DISTRIBUTION D'UN CONDUCTEUR DE PROTECTION

- Le coffret de répartition comporte un bornier de terre auquel doit être raccordée la dérivation individuelle de terre (immeuble collectif) ou le conducteur principal de protection (construction individuelle).
- Les conducteurs de protection sont distribués dans toute l'installation, repérés « vert-jaune », ils ne peuvent être affectés chacun qu'à un seul circuit.
- Éléments à relier à un conducteur de protection :
- Les masses métalliques des appareils électriques (de classe 01 et I) installés à poste fixe : radiateurs, appareils d'éclairage, chauffe-eau...
- Les contacts de terre des prises de courant.
- Les conduits métalliques (MRL et CSA).
- La liaison équipotentielle des salles d'eau.
- Les huisseries métalliques si elles servent au passage de canalisations électriques sous conduit métallique, ou si elles servent de support à l'appareillage électrique (prises de courant, interrupteurs...).



# 9.7. LE CONDUCTEUR NEUTRE

# 9.7.1. DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR NEUTRE

- La section et la protection du conducteur neutre, outre l'intensité à véhiculer, dépendent :
- du schéma des liaisons à la terre,
- du mode de protection contre les contacts indirects.
- INFLUENCE DU SCHÉMA DES LIAISONS A LA TERRE
- SCHÉMAS TT, TNS et IT
  - Circuits monophasés ou de section ≤ 16 mm² en cuivre ou ≤ 25 mm² en aluminium : la section du neutre doit être égale à celle des conducteurs de phase.
  - Circuits triphasés de section > 16 mm² en cuivre ou 25 mm² en aluminium : égale à celle des conducteurs de phase ou inférieure à condition que :
    - le courant susceptible de parcourir le neutre en service normal soit inférieur au courant admissible dans le conducteur,
    - la puissance transportée par le circuit soit effectivement absorbée par des appareils alimentés entre phases,
    - le conducteur neutre soit protégé contre les courts-circuits.

# 9.7.2. PROTECTION DU CONDUCTEUR NEUTRE

Elle dépend des schémas des liaisons à la terre (voir chapitre 4).

# 9.8. LES PRISES DE TERRE

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

# 9.8.1. LES LIAISONS À LA TERRE

# **DÉFINITIONS:**

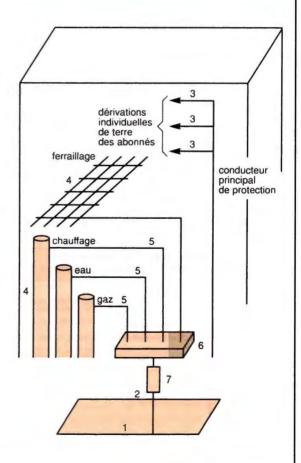
- (1): Prise de terre.
- (2): Conducteur de terre reliant la borne principale de terre à la prise de terre.
- (3) : Conducteur de protection reliant électriquement certaines parties : masses, éléments conducteurs, prises de terre, point de mise à la terre de la source d'alimentation au point neutre artificiel.
- (4) : Élément conducteur étranger à l'installation électrique.
- (5) : Conducteur d'équipotentialité.
- (6) : Borne principale ou barre principale de terre assurant la liaison équipotentielle.
- (7): Barrette de coupure permettant de vérifier la valeur de la résistance de terre.

#### Terre:

masse conductrice de la terre dont le potentiel électrique en chaque point est considéré comme égal à zéro (référence théorique).

# Masse:

partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne et qui pourrait être accidentellement sous tension.



9.8.2. MISE À LA TERRE DES HUISSERIES MÉTALLIQUES									
			L'HUISSER	IE MÉTALLIQUE					
NATURE DES LOCAUX OU EMPLACEMENTS			CANALISATIONS SOUS CONDUITS	SUPPORTE DE	NE SUPPORTE ET NE CONTIENT AUCUN ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE				
		ISOLANTS ICA-IRL	MÉTALLIQUES MRL CSA	L'APPAREILLAGE					
SECS ET NON CONDUCTEURS	à moins de 2 m de tout élément conducteur ou d'une masse (b)	NON	OUI	NON (d)	NON				
(a)	à plus de 2 m de tout élément conducteur ou d'une masse (c)	NON	NON	NON	NON				
			_	-					

OUI

NON

INTERDIT

OUI

OUI

OUI

OUI

NON

OUI : l'huisserie métallique doit être reliée au conducteur de protection de l'installation.

NON : l'huisserie métallique n'est pas reliée à un conducteur de protection.

- (a) Tels que les salles de séjour, salles à manger, chambres...
- (b) Ces masses sont celles des équipements fixes ou installés à poste fixe.
- (c) Tels que cuisines, séchoirs, caves...

SALLES D'EAU

**AUTRES LOCAUX** 

(d) À condition que l'appareillage soit du type huisserie avec capot (C 15-100 § 531-2-4).

	Composants à considérer comme des éléments conducteurs	Composants à considérer comme des masses
9.8.3. MASSES ET ÉLÉMENTS CONDUCTEURS	1. Éléments utilisés dans la construction des bâtiments  - métalliques ou en béton armé : - charpente, - armature, - panneaux préfabriqués armés ; - revêtement des surfaces : - sols et murs en béton armé sans autre revêtement, - carrelages, - revêtements métalliques, - parois métalliques.  2. Éléments entrant dans l'environnement de la construction des bâtiments - canalisations métalliques de gaz, d'eau, de chauffage ; - les appareils non électriques qui y sont reliés (fours, cuves, réservoirs, radiateurs) ; - huisseries métalliques dans salle d'eau ; - papiers métallisés.	1. Canalisations  - conduits M (MRL – CSA);  - câbles isolés au papier imprégné sous plomb nu ou sous plomb armé sans autre revêtement;  - conducteurs blindés à isolant minéral.  2. Appareillage  - châssis de débrochage.  3. Appareils d'utilisation  - parties métalliques extérieures des appareils de classe I.  4. Éléments non électriques  - huisseries métalliques si elles servent au passage des canalisations avec des conduits MRL – CSA;  - objets métalliques:  - à proximité des conducteurs aériens ou jeux de barres,  - au contact d'équipement électrique.
	Composants à ne pas considérer comme des éléments conducteurs	Composants à ne pas considérer comme des masses
	- parquets en bois ;  - revêtement de sol en caoutchouc ou en linoléum ;  - parois en plâtre sec ;  - murs en briques ;  - tapis et moquettes.	1. Canalisations  - conduits I (IRL – ICA – ICTL – ICTA);  - moulures en bois ou matière isolante;  - conducteurs et câbles ne comportant aucun revêtement métallique : H07V, H07 RN. F, 05VV, R2V. R12N.  2. Appareillage  - les enveloppes isolantes extérieures des matériels électriques lorsqu'elles ne sont pas en contact avec un élément conducteur.  3. Appareils d'utilisation  - tous les appareils de la classe II quel que soit le type d'enveloppe extérieure.

# 9.8.4. PRISES DE TERRE DE FAIT

9.8.5.

**CHOIX DE LA** 

**PRISE DE TERRE** 

Les canalisations métalliques d'eau peuvent être utilisées comme prise de terre, sous réserve de l'accord du distributeur.

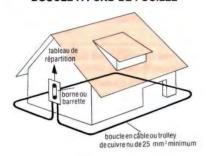
Les gaines de plomb des câbles en contact direct avec le sol peuvent être utilisées comme prise de terre sous réserve de l'accord de l'utilisateur des câbles.

Il est INTERDIT d'utiliser comme PRISE DE TERRE les canalisations : de gaz de chauffage central, de conduits de vidange, de fumée ou d'ordures ménagères.

# • BÂTIMENTS NEUFS

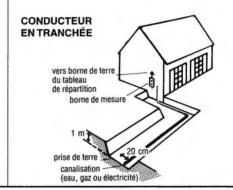
- Boucle à fond de fouille pendant la construction des bâtiments, constituée :
  - soit par un conducteur en cuivre nu d'au moins 25 mm².
  - soit par un feuillard en acier d'au moins 100 mm² de section et de 3 mm d'épaisseur, ou par un câble d'acier de 95 mm² noyé dans le béton de propreté de la fondation. Le feuillard sera placé sur chant et enrobé de 3 cm de béton.

# **BOUCLE À FOND DE FOUILLE**

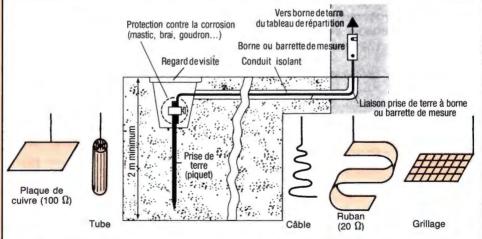


# BÂTIMENTS DÉJÀ CONSTRUITS

 Profiter de la pose de raccordements divers (eau, gaz, électricité) pour poser dans la même tranchée le câble de terre à condition de ménager un espace d'au moins 20 cm par rapport aux autres canalisations.



9.8.6. NATURE DES PRISES DE TERRE



 Piquets ou tubes – rubans ou fils – plaques – ceinturage à fond de fouille – armatures du béton noyées dans le sol – conduits métalliques d'eau dans les conditions du § 9.8.5.

PROTÉCÉ MÉCANIQUEMENT NON PROTÉCÉ MÉCANIQUEMEN

- Autres structures enterrées appropriées dans les conditions du § 9.8.5.

9.8.7.
SECTIONS
MINIMALES
CONVENTION-
NELLES DES
CONDUCTEURS DE TERRE

	PROTEGE MECANIQUEMENT	NON PROTEGE MECANIQUEMENT
Protégé contre la corrosion par la gaine	Suivant l'article 543.1	16 mm <sup>2</sup> : Cuivre 16 mm <sup>2</sup> : Acier galvanisé
Non protégé contre la corrosion	25 mm <sup>2</sup> : <i>G</i> 50 mm <sup>2</sup> : <i>A</i>	Cuivre Acier galvanisé

Sont considérés comme sols isolants les parquets en bois, les sols revêtus de moquette ou avec revêtements plastique ou en linoléum.

Par contre, les sols en béton ou revêtus de carrelage ne sont pas considérés comme isolants. Il en est de même de tous les revêtements métalliques (C 15-100, article 234-2).

Locaux	Appareils d'éclairage	Autres appareils	Prises courant
Parties privatives			
Salles de séjour, chambres, couloirs, dégagements, escaliers intérieurs, greniers, combles à :  – sols isolants	A	A	А
- sols non isolants	В	В	B*
Cuisines**			
Salles d'eau (en dehors du volume de protection), caves, garages individuels	В	В	В*
Parties communes des bâtiments collectifs			
Escaliers, couloirs et locaux analogues	В	В	В
Locaux techniques (chaufferies, machineries d'ascenseurs, surpresseurs)	В	В	В

- A Pas de pose à la terre. Les socies de prises de courant ne comportent pas de contact de terre. Il est admis que le circuit correspondant ne comporte pas de conducteur de protection.
- B Mise à la terre ou classe II. Les socles de prises de courant doivent comporter un contact de terre. Les circuits correspondants doivent comporter un conducteur de protection.
- \* Des prises de courant sans contact de terre peuvent être installées si elles sont alimentées individuellement par un transformateur de séparation ou si elles sont protégées individuellement par un dispositif différentiel à haute sensibilité.
- \*\* Les sorties de conducteurs en appliques installées dans les cuisines doivent comporter un conducteur de protection.

# **BOUCLE À FOND DE FOUILLE (§ 9.8.5.)**

- C'est la meilleure solution.
- Résistance obtenue en  $\Omega$

 $R = \frac{2\rho}{L}$ 

ho : résistivité du sol ( $\Omega$  . m).

L: longueur de la boucle (m).

# **PIQUETS**

9.8.8.
MISE À LA
TERRE DE
L'APPAREILLAGE
ET DES
APPAREILS

- Solution retenue pour les bâtiments existants.
- En cuivre rond  $\emptyset$  ≥ 15 mm.
- En acier galvanisé : rond Ø ≥ 15 mm.
  - tube  $\emptyset$  ≥ 25 mm.
  - profiié de 60 mm de côté
    - minimum.

- Longueur ≥ 2 m

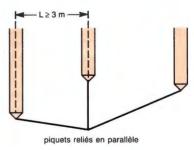
 $R = \frac{1}{n} \frac{\rho}{L}$ 

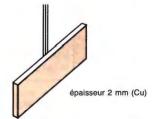
n: nombre de piquets.

# **PLAQUES VERTICALES**

- Plaques carrées ou rectangulaires (L ≥ 0,5 m).
- Enterrées (centre de la plaque ≥ 1 m de profondeur).
- Cuivre de 2 mm d'épaisseur.
- Acier galvanisé de 3 mm d'épaisseur.

$$R = \frac{0.8\rho}{L}$$





9.8.9.

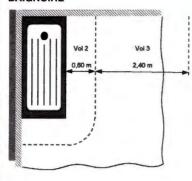
RÉALISATION

**DES PRISES** 

**DE TERRE** 

# 9.9. ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE D'UNE SALLE D'EAU

# BAIGNOIRE



Vol 3 0,60 2.40 m

9.9.1. CLASSIFICATION **DES VOLUMES** 

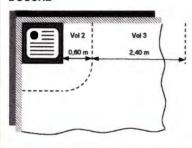
9.9.2.

**PRESCRIPTIONS** CONCERNANT

L'INSTALLATION

**DES APPAREILS** 

#### DOUCHE



Volume 0 : Volume intérieur de la baignoire ou du receveur de douche.

Volume 1 : Volume situé au-dessus du volume 0 et sur une hauteur de 2.25 m à partir du fond de la baignoire ou du receveur de douche.

Volume 2 : Volume situé hors volumes 0 et 1 dans un rayon au plus égal à 0,60 m et sur une hauteur de 3 m à partir du sol.

Volume 3 : Volume situé hors volume 2 dans un rayon au plus égal à 2,40 m et sur une hauteur de 2,25 m à partir du sol.

VOLUMES	0	1	2	3	I.
CANALISATIONS	X	II (a)	II (a)	11	
APPAREILLAGE	х	<b>X</b> (b)	<b>X</b> (b) (e)	Séparation TBTS (d) DR 30 mA	
MATÉRIELS D'UTILISATION	x	<b>X</b> (b) (c)	II (b) (c) (e)	Séparation TBTS (d) DR 30 mA (e)	
INDICE DE PROTECTION	IPx7	IPx4	IPx3	IPx1	

X : interdit

II : matériel de classe II

(a) : limitées à celles nécessaires à l'alimentation des appareils situés dans ce volume

(b) : sauf en TBTS ≤ 12 V~

(c) : chauffe-eau électrique admis

(d): TBTS ≤ 50 V~

(e): radiateur électrique admis

# **CANALISATIONS ÉLECTRIQUES:**

- Il est interdit d'employer des conduits autres qu'isolants.
- Même interdiction pour les conduits encastrés dans les parois de la salle d'eau.

#### MATÉRIELS D'UTILISATION :

Les chauffe-eau doivent être installés dans le volume 3 ou hors volume. Si les dimensions de la salle d'eau ne permettent pas de les installer dans ces volumes, ils peuvent être installés dans :

- le volume 2. à la condition que les canalisations d'eau soient en matériau conducteur.
- le volume 1, à la condition qu'ils soient du type horizontal et placés le plus haut possible et que les canalisations d'eau soient en matériau conducteur.

Lorsqu'un faux plafond ajouré est disposé dans le volume 2 (hauteur comprise entre 2,25 m et 3 m par rapport au sol, l'espace situé au dessus de ce plafond, est assimilé au volume 2 ; dans le cas d'un plafond fermé disposé dans les volumes 1 et 2, cet espace est assimilé au volume 3.

L'espace situé au-dessous de la baignoire ou de la douche est assimilé au volume 3 s'il est fermé et accessible par une trappe pouvant être ouverte seulement à l'aide d'un outil. Dans le cas contraire, les règles du volume 1 s'appliquent à cet espace.

# LIAISON ÉQUIPOTENTIELLE :

Elle doit relier tous les éléments conducteurs de la salle d'eau et des masses des matériels électriques situés dans les volumes 0, 1, 2 et 3.

# 9.10. PROTECTION DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES **CONTRE LA FOUDRE**

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

#### - Le champ électrique

- Par beau temps, le champ électrique naturel au sol est de l'ordre de 120 V/m.
- Avec l'arrivée d'un nuage chargé électriquement, il peut atteindre et dépasser 15 kV/m.
- Le champ électrique est accentué par les aspérités au sol (collines, arbres, habitations) qui constituent de véritables amplificateurs de champ électrique qui peuvent l'accentuer localement jusqu'à 300 fois.
- Ce phénomène est appelé effet couronne. Il favorise l'apparition du coup de foudre à cet endroit.

# Champ électrique au sol Champ électrique amplifié par une aspérité du sol.

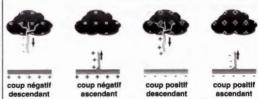
# - Caractéristiques des coups de foudre.

- Le tableau ci-contre résume les principales caractéristiques des coups de foudre négatifs.
- 50 % dépassent 38 kA crête, 1 % sont au-delà de 140 kA. On remarque que les énergies mises en jeu sont importantes. Le courant de foudre est un courant impulsionnel haute fréquence (HF) de l'ordre du mégahertz.

probabilité de dépassement		pente		nombre de décharges	
P (%)	I (kA)	S (kA/µs)	T(s)	n	
50	38	48	0,09	1,8	
10	68	74	0,56	5	
1	140	97	2,7	12	

# - Classification des coups de foudre.

- On classe les coups de foudre selon le sens de leur développement et la partie positive ou négative du nuage qui se décharge.
- En terrain plat, les coups de foudre descendants (à partir du nuage) sont les plus fréquents.
- En montagne ou en présence d'une proéminence importante, des coups de foudre ascendants peuvent se développer. Ce sont les plus dangereux, surtout ceux de type positif.

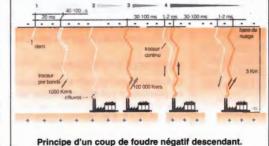


# - Principe d'une décharge électrique

- Exemple d'un coup de foudre négatif descendant (le plus courant) :
- 1. Le coup de foudre commence par un traceur qui se développe à partir du nuage et progresse par bonds successifs de 30 à 50 m vers le sol.

Le traceur est constitué de particules électrigues arrachées du nuage par le champ électrique nuage-sol. Ces particules forment un canal lumineux qui se dirige vers le sol.

2. Cela favorise la formation d'un canal ionisé qui va se ramifier.



Arrivé à environ 300 m du sol des effleures (ou étincelles) vont partir du sol et l'une d'entre elles entrera en contact avec le dard (pointe du traceur).

- 3. Il apparaît alors un arc électrique très lumineux. Celui-ci provoque le tonnerre, et permet l'échange des charges du condensateur nuage-sol.
- 4. Une succession d'arcs suivra, appelés arcs subséquents de moins en moins intenses. Entre ces arcs, un traceur continu subsiste faisant circuler un courant de l'ordre de 200 A, fournissant la décharge d'une partie importante des charges du condensateur.

9.10.1. **PHÉNOMÈNES** DE **FOUDROIEMENT** 

#### - Définitions des effets de la foudre.

Le courant de foudre est donc un courant électrique haute-fréquence. En plus des effets d'induction et de surtension importants, il provoque les mêmes effets que tout autre courant basse fréquence circulant dans un conducteur :

- les effets thermiques: fusion aux points d'impacts de la foudre et effet Joule dû à la circulation du courant, provoquant des incendies
- les effets électrodynamiques : lorsque les courants de foudre circulent dans des conducteurs parallèles, ils provoquent des forces d'attraction ou de répulsion entre les câbles entraînant des ruptures ou des déformations mécaniques (câbles écrasés ou aplatis)
- es effets de déflagration : le canal de foudre engendre une dilatation de l'air et une surpression jusqu'à une dizaine de mètres de distance. Un effet de souffle brise les vitres ou cloisons et peut projeter des animaux ou des personnes à plusieurs mètres. Cette onde de choc se transforme simultanément en onde sonore : le tonnerre
- Les surtensions conduites à la suite d'un impact sur des lignes aériennes d'alimentation électrique ou téléphonique
- les surtensions induites par l'effet de rayonnement électromagnétique du canal de foudre qui est une antenne de plusieurs kilomètres traversée par un courant impulsionnel très important
- l'élévation du potentiel de terre par circulation de courant de foudre dans le sol. Cela explique les foudroiements indirects par tension de pas et les claquages de matériel.

#### - Classification des effets de la foudre.

- En plus des effets produits pour tout courant électrique, la foudre provoque des rayonnements électromagnétiques très importants, qui peuvent induire des surtensions dangereuses dans les réseaux et circuits électriques.
- Ces deux aspects du courant de foudre conduisent à dire qu'il y a deux grandes catégories d'effets à considérer : les effets directs et les effets indirects.
- Cette classification est résumée dans le tableau ci-contre.

#### Types de Effets **Manifestations** protection La foudre frappe directe-Paratonnerres (insment la structure, causant tallés sur ou autour **Directs** des incendies, brûlures et des structures à destructions, etc. protéger). La foudre frappe ailleurs, Parafoudres (instalsans toucher la structure lés sur les circuits (bâtiment ou installation concerné) : les ondes de électriques). Indirects choc et surtensions arrivent à l'installation par conduction ou par rayonnement.

# 9.10.2. EFFETS DE LA FOUDRE

# - Différents types de surtension

#### - Définition

- Une surtension est une impulsion ou une onde de tension qui se superpose à la tension nominale.
- Exemple du surtension : Fig. 1.

#### - Caractéristiques d'une surtension.

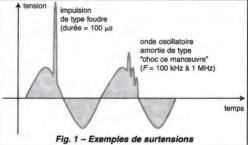
- Ce type de surtension est caractérisé par :
- le temps de montée (t<sub>i</sub>) mesuré en us
- la pente S mesurée en kA/µs
- Ces deux paramètres vont perturber les équipements et provoquer un rayonnement électromagnétique. D'autre part, la durée de la surtension (T) engendre de l'énergie injectée dans les circuits électriques, risquant de détruire du matériel.

# - Les quatre types de surtension

- On peut distinguer quatre types de surtension pouvant perturber les installations électriques et les récepteurs :
  - 1 d'origine atmosphérique
  - 2 de manœuvre
  - 3 temporaires à fréquence industrielle
  - 4 par décharges électrostatiques.

# 1) Les surtensions d'origine atmosphérique.

- Les surtensions conduites sont dues à la chute de la foudre sur une, ou près d'une ligne aérienne. Les impulsions générées vont se propager jusqu'à l'habitation.
- Elles vont être amorties par la longueur des lignes et par les éclateurs ou parafoudres HTA de 75 ou 22 kV, les transformateurs qu'elles vont rencontrer sur leur chemin. Mais une partie de l'onde parviendra jusqu'aux récepteurs sensibles.



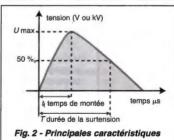
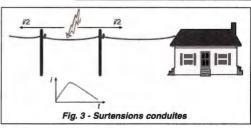


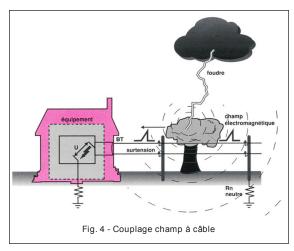
Fig. 2 - Principales caractéristiques d'une surtension



- Les surtensions induites ou rayonnées
- Un coup de foudre indirect qui tombe n'importe où sur le sol est l'équivalent d'une antenne de grande longueur qui rayonne un champ électrique.
- Le rayonnement est d'autant plus important que le front de montée du courant est raide (50 à 100 kA/µs). Les effets se feront sentir à plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres.

#### · Conséquences :

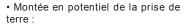
- Le couplage champ à câble : le champ électromagnétique va se coupler sur tout câble rencontré et générer des surtensions de mode commun et/ou de mode différentiel. Ces surtensions se propagent ensuite par conduction Fig. 4.



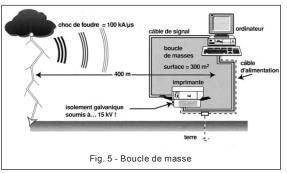
– Le couplage câble à câble : diaphonie inductive : de la même façon, le courant de la surtension circulant dans un câble, va générer à son tour un champ électromagnétique dont la composante magnétique H va induire une surtension dans tout câble qui forme une boucle. C'est la diaphonie inductive, diaphonie capacitive : de la même façon, le champ électromagnétique apparaissant lors d'une surtension va induire une surtension sur les câbles voisins à cause des capacités parasites existant entre ces câbles.

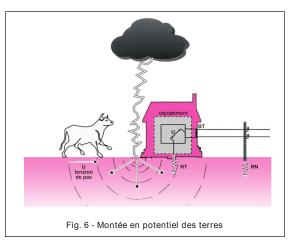
 Ce phénomène se rencontre surtout dans les chemins de câbles. Il a des effets néfastes lorsqu'un câble de puissance voisine avec des câbles de courants faibles.

– Induction dans les boucles de masse : un câble de signal relie un micro-ordinateur et son imprimante isolés galvaniquement. Chaque appareil est relié à la terre par un câble d'alimentation qui emprunte un chemin différent du câble de signal. La surtension engendrée est proportionnelle à la surface ainsi formée par les deux câbles. Par exemple, pour une surface de 300 m² et un coup de foudre de 100 kA/µs tombant à 400 mètres, la surtension induite en mode commun sur la liaison signal sera de 15 kV environ.



- Un coup de foudre qui frappe le sol engendre un courant de foudre qui se propage dans le sol suivant une loi dépendant de la nature du sol et de la prise de terre.
- Une surtension apparaît entre deux points du sol, provoquant une différence de potentiel de 500 V entre les pattes d'un animal espacées de 1 m, à plus de 100 m de l'impact.
- De même, pour un courant moyen de 30 kA et une prise de terre excellente de 20 ohms, la montée en potentiel des masses sera, selon la loi d'Ohm, de 60 kV par rapport au réseau. La montée en potentiel des équipements se réalise indépendamment du réseau, qui peut être aérien ou souterrain.





# EFFET DE LA FOUDRE

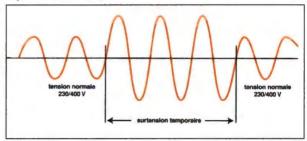
# 2) Les surtensions de manœuvres

- Une modification brusque du régime établi dans un réseau électrique provoque l'apparition de phénomènes transitoires. Ce sont généralement des ondes de surtensions haute fréquence ou oscillatoire
- Elles sont dites à front lent : leur fréquence varie de quelques dizaines à quelques centaines de kilohertz. Les surtensions de manœuvre peuvent être créées par :
- les surtensions d'organes de coupure ou la fermeture d'appareils de commande (relais, contacteurs...)
- les surtensions des circuits inductifs dues aux démarrages et arrêts de moteurs, ou les déclenchements de transformateurs comme les postes HTA/BT par exemple,
- les surtensions des circuits capacitifs dues à l'enclenchement de batteries de condensateurs sur les réseaux
- tous les appareils qui contiennent une bobine, un condensateur ou un transformateur à l'entrée de l'alimentation : relais, contacteurs, téléviseurs, imprimantes, ordinateurs, filtres...

# 3) Les surtensions temporaires à fréquence industrielle

- Ce sont celles qui ont les mêmes fréquences que le réseau (50, 60 ou 400 Hz) :
- Les surtensions provoquées par les défauts d'isolement phase/ masse ou phase/terre sur un réseau à neutre isolé ou impédant ou par la rupture du conducteur.

À ce moment là, les appareils monophasés vont être alimentés en 400 V au lieu de 220 V, ou en



tension composée en movenne tension :  $U_e \times \sqrt{3}$ 

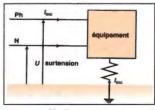
- les surtensions dues à la rupture d'un câble. Par exemple, un câble moyenne tension qui tombe sur une ligne basse tension,
- l'amorçage d'un éclateur haute ou moyenne tension provoque une montée en potentiel de la terre le temps que les protections agissent. Ces protections suivent des cycles de réenclenchement automatique qui vont recréer le défaut si celui-ci persiste.

#### 4) Les surtensions par décharges électrostatiques

Dans un milieu sec, des charges électriques vont s'accumuler et créer un champ électrostatique très élevé. Par exemple, une personne marchant sur une moquette avec des semelles isolantes va se charger électriquement à une tension de plusieurs kilovolts. Si elle s'approche d'une structure conductrice, elle va se décharger en provoquant une étincelle de quelques ampères dans un temps de montée très court de quelques nanosecondes. Si la structure contient de l'électronique sensible, par exemple un micro-ordinateur, il peut y avoir destruction de composants ou de cartes électroniques.

### - Mode commun

- Les surtensions en mode commun apparaissent entre les parties actives et la terre : phase/terre ou neutre/terre.
- Elles sont dangereuses surtout pour les appareils dont la masse est connectée à la terre en raison des risques de claquage diélectrique.

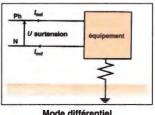


Mode commun

# 9.10.3. DIFFÉRENTS MODES DE **PROPAGATION**

#### - Mode différentiel

- Les surtensions en mode différentiel circulent entre les conducteurs actifs: phase/phase ou phase/neutre.
- Elles sont particulièrement dangereuses pour les équipements électroniques, les matériels sensibles de type informatique...
- Le tableau ci-après résume les principales caractéristiques des surtensions.



Mode différentiel

# DIFFÉRENTS MODES DE PROPAGATION

# Principales caractéristiques des surtensions.

type de surtension	coefficient de surtension	durée	raideur de front ou fréquence
à fréquence industrielle (défaut d'isolement)	≤ 1,7	longue 30 à 1000 ms	fréquence industrielle (50-60-400 Hz)
de manœuvre et décharge électrostatique	2 à 4	courte 1 à 100 ms	moyenne 1 à 200 kHz
atmosphérique	> 4	très courte 1 à 100 µs	très élevée 1 à 1000 kV/µs

# En résumé : Il faut retenir trois points essentiels :

- Le coup de foudre direct ou indirect peut avoir des conséquences destructrices sur les installations électriques à plusieurs kilomètres du point de chute.
- les surtensions industrielles ou de manœuvre occasionnent également des dégâts importants.
- Le fait qu'une installation de site soit souterraine ne protège nullement l'installation mais limite le risque de foudroiement direct.

# · Moyens de protection

Deux grands types de protection permettent de supprimer ou limiter les surtensions, on les appelle IEPF (Installation Extérieure de Protection Foudre) ou protections primaires et IIPF (Installation Intérieure de Protection Foudre) ou protections secondaires.

# Protections primaires

- Leur but est de protéger les installations contre les coups de foudre directs. Ces protections permettent de capter et d'écouler le courant de foudre vers le sol.
- Le principe est basé sur une zone de protection déterminée par une structure plus haute que les autres.
- Il en est de même pour tout effet de pointe provoqué par un poteau, un bâtiment ou une structure métallique très haute. Il existe trois grands types de protection primaire :
- Le paratonnerre qui est la protection la plus ancienne et la plus connue,

#### - les fils tendus,

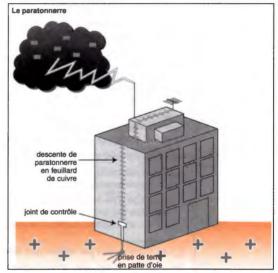
- la cage maillée ou cage de Faraday.

#### · Fils tendus ou fils de garde :

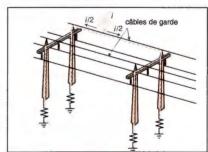
Ce sont des câbles tendus au-dessus de l'ouvrage à protéger. Ils sont utilisés pour des ouvrages spéciaux : pas de tir de fusées, applications militaires et surtout câbles de garde au-dessus des lignes haute tension (figure ci-contre)

# · Cage maillée ou cage de Faraday :

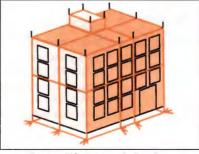
- Ce principe est utilisé pour les bâtiments très sensibles abritant du matériel informatique ou la fabrication de circuits intégrés. Il consiste à multiplier les feuillards de descente à l'extérieur du bâtiment de façon symétrique. On ajoute des liaisons horizontales si le bâtiment est haut, par exemple tous les deux étages (voir figure ci-contre). Les conducteurs de descente sont reliés à la terre par des pattes d'oies. Le résultat consiste à obtenir des mailles de 15 m  $\times$  15 m ou de 10 m  $\times$  10 m. L'effet résulte en une meilleure équipotentialité du bâtiment et la division des courants de foudre, réduisant ainsi fortement les champs et les inductions électromagnétiques.



Principe du paratonnerre



Fils de garde ou fils tendus

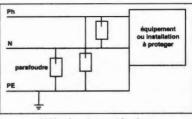


Cage maillée ou cage de Faraday

# 9.10.4. MOYENS DE PROTECTION

#### Protections secondaires

- La protection des récepteurs électriques contre les surtensions d'origine atmosphérique la plus communément employée est la protection par parafoudre.
- Le parafoudre est généralement placé entre un conducteur et la terre, et parfois, entre conducteurs actifs.
- Les deux cas sont représentés dans la figure ci-contre.
- Sous une tension normale, le parafoudre se comporte pratiquement comme une résistance infinie et le courant qui le traverse est nul ou négligeable (courant de fuite).
   Par contre, à l'apparition d'une surtension, dès que la



Utilisation des parafoudres

tension aux bornes du parafoudre dépasse une certaine limite, le parafoudre devient conducteur, laissant écouler un courant, ce qui limite la tension à ses bornes et protège ainsi l'installation et les récepteurs. Pour chaque cas d'utilisation, le parafoudre est choisi principalement en fonction des paramètres suivants:

- la surtension admissible par les appareils à protéger,
- l'intensité du courant que le parafoudre devra supporter pendant la durée de la surtension.

# Réglementation française sur les parafoudres Basse Tension.

- Jusqu'en 2002, l'emploi des parafoudres pour la protection des matériels connectés au réseau basse tension n'était jamais obligatoire, seul un certain niveau de recommandation pouvait être prescrit.
- Cette situation change avec la modification de la norme NFC 15-100 (décembre 2002): dans la section 4.443 de cette nouvelle version, il y a désormais obligation d'installation de parafoudre à l'origine de l'installation en fonction de certaines conditions.

#### Situation normative

- Les documents normatifs pertinents régissent les performances, la sélection et les conditions d'utilisation des parafoudres basse-tension :
- NFC 15-100 (décembre 2002)
- Section 4.443 : « Surtensions d'origine atmosphérique ou dues aux manœuvres »
- Partie de la norme NFC 15-100 traitant des moyens pouvant limiter les surtensions transitoires dans une installation Basse Tension. Dans cette section, on définit les niveaux d'obligation d'utilisation des parafoudres :
  - Cas d'une installation alimentée en basse tension souterraine ou aérienne isolée avec écran métallique à la terre :
    - la tension de tenue aux chocs est présumée suffisante et une protection supplémentaire ne serait nécessaire que dans le cas où le risque de surtension entraînerait un préjudice important lié à une utilisation de l'installation.
  - Cas d'une installation alimentée totalement ou partiellement en conducteurs nus ou torsadés aériens :
    - Une protection contre les surtensions est recommandée à l'origine de l'installation.

# Description des différentes catégories de matériel

Le choix des matériels dans l'installation devra respecter le tableau ci-contre. Si des matériels ont une tension de tenue aux chocs inférieure à celle indiquée dans le tableau, on respectera les règles décrites précédemment dans la section 443 de la NFC 15-100.

tension nominale de l'installation (V)	tension assignée de tenue aux chocs (kV)						
réseaux triphasés	matériels de tenue aux chocs très élevée • compteur électrique • appareil de télémesure	matériels de tenue aux chocs élevée  appareil de distribution disjoncteur interrupteur matériel industriel	matériels de tenue aux chocs normale • appareil électro- domestique • outil portatif	matériels de tenue aux chocs réduite matériel avec circuit électronique			
230/440	6	4	2,5	1,5			
400/690 1000	8	6	4	2,5			

# 9.10.5. LES NORMES

# Obligation et recommandation d'emploi des parafoudres

 Les sections 4-443 et 7-771. 443 de la NFC 15. 100 définissent les situations déterminant l'utilisation obligatoire des parafoudres :

# 1 - L'installation est équipée de paratonnerre :

- Parafoudre obligatoire, à l'origine de l'installation : il doit être du type 1 avec un courant l<sub>imp</sub>\* de 12,5 kA minimum. (voir tableau page suivante)
- 2 L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension aérien et le niveau kéraunique local  $N_k$  est supérieur à 25 (ou la densité de foudroiement  $N_q > 1,25$ ):
  - Parafoudre obligatoire, à l'origine de l'installation : il doit être de type 2 avec un courant I<sub>n</sub>\*\* de 5 kA minimum.
- 3 L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension aérien et le niveau kéraunique local N<sub>k</sub> est inférieur à 25.
  - Parafoudre non obligatoire.

# 4 - L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension souterrain :

Parafoudre non obligatoire.

Note: néanmoins la norme précise que pour les deux cas précédents (3 et 4) que :

«... une protection contre les surtensions peut être nécessaire dans les situations où un plus haut niveau de fiabilité ou un plus haut risque est attendu ».

# Niveaux Kérauniques en France (NFC 15 100)

#### Note:

# \* hmp

Ce paramètre définit les parafoudres de Type 1. La valeur minimale du courant de choc  $I_{\rm imp}$  est définie par les normes (CE 60364-5-534 et NF C 15-100 section 534) : 12,5 kA (onde 10/350 µs) par pôle. Cette valeur est tout à fait adaptée à la réalité du phénomène.

# \*\* /<sub>max</sub> / /<sub>n</sub>

Ces paramètres, définissant les parafoudres de **Type 2**, sont en fonction du risque « surtensions » de l'installation à protéger.

La valeur minimale du courant nominal de décharge  $I_n$  est définie par les réglementations : 5 kA (onde 8/20  $\mu$ s).

Toutefois des valeurs supérieures sont recommandées en fonction du risque « **foudre** » de l'installation concernée.

# : les départements où le niveau kéraunique est au moins égal à 25.

#### - Section 5-534 : « Dispositifs de protection »

- Contient les règles générales de sélection et de mise en œuvre des parafoudres Basse Tension

#### - Emplacement et niveau de protection

- Les parafoudres protègent l'ensemble de l'installation. Ils sont disposés en aval du dispositif de sectionnement situé en tête d'installation.
- Le niveau de protection des parafoudres doit correspondre à la tension de tenue aux chocs des matériels à protéger et aux courants de décharge.
- Les parafoudres sont montés en tête d'installation (dans ce cas le courant de décharge recommandé est de l<sub>n</sub> = 5 kA, sous onde 8/20, et un niveau de protection U<sub>p</sub> ≤ 2,5 kV à l<sub>n</sub> et près du matériel lorsque celui-ci est particulièrement sensible).

#### - Mise en œuvre des parafoudres.

- Les parafoudres se connectent entre phase et terre ou phase et PE (schéma TN-C et IT) et entre phase et PE et aussi neutre et PE (schéma TT et TNS).
- Les conducteurs reliant les bornes du parafoudre aux conducteurs actifs et à la barrette de terre (voir figure cicontre) doivent être les plus courts possibles (< 0,5 m).</li>

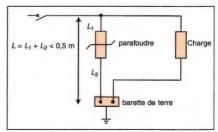
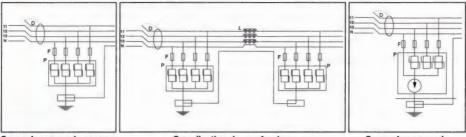


Schéma de connexion d'un parafoudre

LES NORMES

#### - Exemples de raccordement des parafoudres.



#### Connexion en mode commun

- Coordination de parafoudres
- Connexion en mode commun et différentiel (schéma 3 + 1 ou type CT2 suivant CEI 60364-5-534)

- G : Parafoudre à base d'éclateur D : Disjoncteur
- F : Déconnecteur associé (Fusible ou Disjoncteur)
- L: Inductance

#### - Exemple d'une gamme de parafoudres d'après CITEL

	Versions		Description	(8/20 µs)	110/350 us)	Spécificités	Commentaires			
	DS250E	1	Parafoudre unipolaire renforcé	140 kA	25 kA	Très haute énergie	Parafoudres de Type 1 Conçus pour être utilisés sur des installations où la			
	DS250VG	1	Parafoudre unipolaire renforcé	70 kA	25 kA	Très haute énergie Faible Up	risque «Foudre» est très important, notamment et cas de présence de paratonnerre sur le site. Le parafoudres sont soumis aux essais de Classe l			
	DS150E	1	Parafoudre unipolaire	140 kA	15 kA	Très haute énergie	caractérisés par des injections d'andes de courar Foudre de type 10/350 µs.			
ype	DS150VG	1	Parafoudre unipolaire renforcé	40 kA	15 kA	Très haute énergie Faible Up	Ces parafoudres devront donc être particulièn ment puissants pour écouler cette onde très én gétique.			
	DS100EG	1	Parafoudre N/PE	100 kA	50-100kA	Très haute énergie Faible Up				
	DUT250VG	0	Parafoudre triphasé	100 kA	25 kA	Compact Très haute énergie				
į	DUM125	1	Parafoudre mono/triphasė	100 kA	12,5 kA	Compact, haute éner- gie, économique	Ty money			
7	DS70R		Parafoudres uni et multipolaires	70 kA		Débrochable haute énergie	Parafoudres de Type 2 Destinés à être installés en tête d'installation, gé néralement au niveau du TGBT, sur des sites o			
Type 2	DS40	<b>6</b>	Parafoudres uni et multipoloires	40 kA		Débrochable	le risque d'Impact direct est considéré coi inexistant, les parafoudres «Primaires» de ty			
	DS4x/G		Parafoudre mono et triphasé	40 kA		Débrochable Mode commun/diff.	protègent l'ensemble de l'installation. Ces parafor dres sont soumis à des tests en onde de courai			
	DS240/G	0	Parafoudre monophasé	40 kA		Débrochable Compact MC/MD	8/20µs (essois de Classe II).			
	DUT40		Parafoudre triphasé	40 kA		Monobloc Mode commun/diff.	d planeri -			
	DS10	0	Parafoudres uni et multipolaires	10 kA		Débrochable	Parafoudres de Type 2 ou Type 3 En cas d'équipements particulièrement sensible ou d'installation très étendue, il est recommand			
3	D\$10/G		Parafoudre mono et triphasé	10 kA		Débrochable Mode commun/diff	d'utiliser des parafoudres de Type 2 ou de Type 3 proximité des équipements sensibles.			
lype Z (on	DUT10	0	Parafoudre triphasé	10 kA		Monobloc Mode commun/diff.	Les parafoudres de Type 3 sont testés avec un onde combinée 1,2/50 µs-8/20 µs (essais de Classe III) et seront «coordonnés» avec les para			
ype	DS215/G		Parafoudre monophasé	15 kA		Débrochable Mode commun/diff.	foudres de Type 2 en amont.			
	DS-HF		Parafoudre + Filtre monophasé	10 kA		Filtroge RFI Faible Up				
	DS210DC	0	Parafoudre unipoloire	6 kA	STATE OF	Débrochable				
	СВ.		Colfrets Paraloudre mono et triphasés	40-140 kA	15 kA	Schémas multiples	Coffrets Parafoudre de Type 1 ou Type 2 3 configurations de protection			
	DSPV		Parafoudres pour photovoltaïque	40 kA	12,5 kA	de 500 à 1000 Vdc	Parafoudres de Type 1 et 2 pour installation pho tovoltaique			
	DSH	1	Inductonces de coordination			Courant nominal: 16 A, 35 A, 63 A et 100 A	Eléments à connecter en série sur la ligne pour as surer la coordination de 2 étages de parafoudres			

#### Le câblage des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre.

- La protection des installations et des équipements électriques contre la foudre doit se traiter de manière globale. Pour obtenir une protection efficace, il est nécessaire tout d'abord de réaliser une installation de mise à la terre dans les règles de l'art, puis de choisir les protections primaires (paratonnerre) et secondaire (parafoudre) adaptées au niveau de risque préalablement calculé.

#### · Installation de mise à la terre

- Une installation de mise à la terre est composée d'un réseau équipotentiel commun appelé communément « réseau de masse » et d'un réseau des prises de terre (figure ci-contre)
- Lorsque la foudre frappe une installation protégée, le courant de foudre s'achemine le long du paratonnerre et des conducteurs de descente vers la terre en patte d'oie. La prise de terre s'élève alors en tension, atteignant fréquemment quelques dizaines de kV alors que le réseau des prises de terre est encore au potentiel de la terre, ce qui peut entraîner des déséquilibres importants dans le réseau des prises de terre et les conducteurs qui lui sont raccordés.
- La solution consiste à relier toutes les masses et la liaison équipotentielle principale à une même borne principale de terre, ce qui réduit le



Réseau équipotentiel commun et réseau des prises de terre

descente

naratonnerre

vers réseau

câble

alimentation

de terre

barre principale de terre ou plaque collectrice

PE

## même borne principale de terre, ce qui réduit les effets des déséquilibres évoqués ci-dessus.

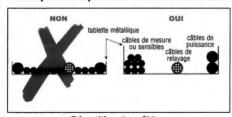
#### · Les règles de câblage.

- La liaison équipotentielle des réseaux : les réseaux concernent les canalisations métalliques d'eau, de gaz, les câbles d'alimentation électrique, de télécommunication, de signaux... Il est souhaitable qu'ils entrent ou sortent d'un bâtiment par le même endroit. Dès leur entrée, il faut réaliser une liaison équipotentielle à une même barre de terre pour éviter les différences de potentiel entre les différents réseaux (figure ci-contre)
- Le cheminement des câbles: après avoir réalisé l'équipotentialité du site, il faut prendre soin du câblage et de son cheminement. Cela consiste à :
- répartir correctement les câbles dans une tablette,
- éloigner les câbles de puissance et les câbles courants faibles et les croiser à angle droit aussi bien dans les chemins de câbles que dans les armoires électriques.

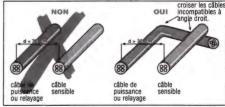
gaz

Liaison équipotentielle d'arrivée des réseaux

#### Exemples de répartition et d'installation des câbles :

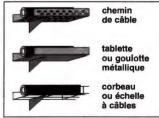


Répartition des câbles



Éloigner les câbles incompatibles

- plaquer toutes les liaisons internes (câbles, nappes...) de bout en bout contre les structures équipotentielles de masse (tôles, masse des coffrets, conducteur d'accompagnement, tablettes...). On obtiendra ainsi un effet réducteur très important contre les couplages câble à câble et contre les perturbations des champs électromagnétiques. Pour cela, il faut assurer la continuité électrique de bout en bout. Raccorder régulièrement les chemins de câbles aux structures du bâtiment



Pose avec effet réducteur

9.10.6. RÈGLES D'INSTALLATION DES PARAFOUDRES BT

#### · Choix d'un schéma des liaisons à la terre.

- Ce choix est dicté par la réglementation en vigueur dans chaque pays en tenant compte de la sécurité des personnes. C'est l'association de trois choix techniques simultanés réalisés dans le cadre de la normalisation :
- choix de la mise à la terre du point neutre du transformateur qui alimente l'installation. Le point neutre est relié à une prise de terre qui est elle-même, soit celle du bâtiment, soit celle couplée électriquement à la prise de terre du bâtiment, soit distincte,
- choix de la réalisation du conducteur de protection PE. Il peut être distinct ou confondu avec le conducteur neutre.
- choix des dispositifs de coupure utilisés pour la protection contre les contacts indirects.

#### Schéma TT

- C'est le schéma utilisé en distribution publique.
- Le neutre est raccordé à la terre du poste de distribution.
- Les masses des matériels sont reliées par des conducteurs de protection à la prise de terre de l'installation, distincte de la prise de terre du neutre du transformateur.
- En cas de coup de foudre, l'existence de deux prises de terre distinctes fait apparaître une différence de potentiel entre la prise de terre du bâtiment et le neutre raccordé à la prise de terre du transformateur.
- Les parafoudres basse tension sont installés, à l'origine de l'installation, entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire entre phase et neutre peut s'avérer nécessaire car une surtension en mode différentiel peut apparaître du fait de la dissymétrie introduite par la mise à la terre du neutre côté transformateur HTA/BT.

# tableau électrique de déconnazion équipement à protéger borne principale (boucle à fond prise de terre de fouille) prise de terre du neutre BT Schéma TT

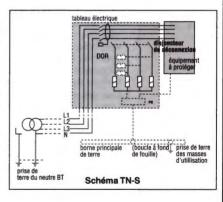
# 9.10.7. INSTALLATION DES PARAFOUDRES SELON LES SLT

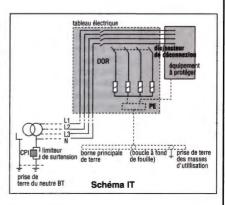
#### Schéma TN-S

- Le schéma TN-S est souvent utilisé par des abonnés HTA. Dans ce cas, le transformateur HTA/BT est intégré ou dans l'environnement proche du bâtiment alimenté en BT.
- Le neutre du transformateur est mis à la terre une seule fois au niveau du poste. Les masses sont reliées au conducteur de protection. Le conducteur neutre et le conducteur de protection sont distincts.
- Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation BT entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire peut être nécessaire car une surtension de mode différentiel peut apparaître du fait de la longueur de câblage entre le transformateur et la tête d'installation.

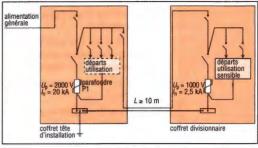
#### Schéma IT

- Le neutre du transformateur est isolé de la terre. En pratique, il lui est relié par les capacités à la terre des canalisations et des matériels, et souvent par une impédance additionnelle élevée. Les masses des matériels et les éléments conducteurs sont reliés à la prise de terre BT par des conducteurs PE.
- Un limiteur de surtension doit être installé pour empêcher toute élévation de tension entre les parties actives et les masses au-delà de la tension de tenue du matériel BT, en cas de défaut provenant de la moyenne tension.
- Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation entre conducteurs actifs et conducteur de protection.





- · La mise en cascade des parafoudres.
- Cas du site très exposé.
- L'étude de la protection d'une installation contre la foudre peut mettre en évidence que le site est fortement exposé et que le matériel est sensible.
- Le parafoudre devra être capable d'écouler des courants importants et d'avoir un niveau de protection faible (le niveau de protection est la tension qui caractérise les performances de protection du parafoudre. C'est la tension résiduelle des bornes du parafoudre lors du passage du courant de foudre). Cette double contrainte est irréalisable par un seul parafoudre. Il faudra donc en prévoir un deuxième.

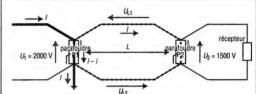


Protection en cascade

- Le premier dispositif P1 est placé en tête d'installation (figure ci-contre). Son rôle est d'écouler un maximum d'énergie à la terre avec un niveau de protection ≤ 2000 V supportable par les équipements électrotechniques (contacteurs, moteurs...).
- Le second dispositif P2 est placé dans un coffret divisionnaire, au plus près des récepteurs sensibles.
- Il possède un faible niveau de protection compatible avec la tension de tenue aux chocs des matériels sensibles (≤ 1 500 V).
- Coordination des parafoudres.
- La protection P<sub>2</sub> est installée en parallèle à P<sub>1</sub>. Si la distance L est trop faible, à l'arrivée de la surtension, P<sub>2</sub> de niveau de protection U<sub>2</sub> = 1 500 V fonctionnera avant P<sub>1</sub> de niveau U<sub>1</sub> = 2 000 V. P<sub>2</sub> ne résistera pas à un courant trop important.

Il faut donc coordonner les protections de façon que  $P_1$  amorce avant  $P_2$ . On utilisera pour cela la longueur L de câble entre  $P_1$  et  $P_2$  qui jouera le rôle d'inductance s'opposant au passage du courant dans  $P_2$  au bénéfice de  $P_1$ .

La longueur L est donnée par le constructeur des parafoudres. Elle est déterminée par des essais en laboratoire. Dans l'exemple, en prenant des varistances ZnO ayant les caractéristiques indiquées et en supposant que le câble ait une inductance



Coordination des parafoudres

La règle  $\Delta U = L \frac{di}{dt}$  donne une chute de tension d'environ

#### 100 V/m/kA en onde 8/20 μs.

Pour L = 10 m, on aura  $U_{L1} = U_{L2} \simeq 1000$  V.

Pour que  $P_2$  fonctionne avec un niveau de protection de 1 500 V, il faut que

 $U_1 = U_{L1} + U_{L2} + U_2 = 1\,000 + 1\,000 + 1\,500\,V = 3\,500\,V.$  Or,  $P_1$  fonctionne bien avant 2 000 V et protège ainsi  $P_2$ .

linéique de l'ordre de 1 µH/m, la longueur L du câble doit être au moins de 10 mètres.

#### - Cas des matériels éloignés.

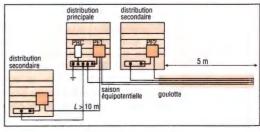
- Lorsqu'un parafoudre, situé en tête d'installation, se trouve à une distance supérieure à 30 m des récepteurs à protéger, il n'est plus efficace en raison d'oscillations et de réflexions d'ondes pouvant amplifier le niveau de surtension dans l'installation.
- Il convient dans ce cas d'installer un second parafoudre à proximité des récepteurs.
- Tableaux indiquant l'influence de la distance séparant les parafoudres en cascade. Les tableaux ci-contre montrent l'influence de la distance séparant des parafoudres en cascade, sur la répartition des courants entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>, l'optimum étant de 10 m au moins.

#### - Installation.

Le parafoudre « protection principale » (PF1) est mis dans le coffret de distribution principale. Le parafoudre « protection fine » (PF2) est mis dans le coffret de distribution secondaire. Si les deux coffrets sont côte à côte, on fera cheminer le câble aller-retour entre les parafoudres dans une goulotte ou chemin de câble de 5 m de façon à respecter la règle des 10 mètres. On pourra installer plusieurs « protection fine » derrière une « protection principale » si la configuration de l'installation l'exige. Ne pas oublier la liaison équipotentielle à laquelle on raccordera les protections parafoudres

courants faibles, téléphone... (PRC).

distance entre les parafoudres (m)	courant dans P <sub>1</sub> (kA)	courant dans P <sub>2</sub> (kA)
pour / = 20 kA		
1 m	16,7	3,3
10 m	19	1
50 m	19,7	0,3
distance entre les parafoudres (m)	courant dans P <sub>1</sub> (kA)	courant dans P <sub>2</sub> (kA)
pour /= 10 kA		
1 m	7,4	2,6
10 m	2,2	0,8
50 m	9,7	0.3



Installation en cascade

INSTALLATION

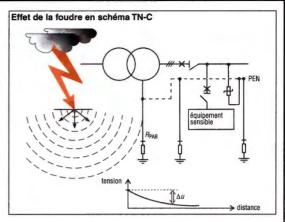
DES

**PARAFOUDRES** 

**SELON LES SLT** 

#### - Cas particulier du schéma TN-C

- Le schéma TN-C demande une connexion fréquente du conducteur PEN à la terre afin d'assurer le mieux possible son équipotentialité.
- En effet, en cas de coup de foudre, une des mises à la terre de ce conducteur PEN peut se trouver piégée dans un gradient de potentiel important. Le déséquilibre de tension aura lieu entre la résistance de cette prise de terre et les autres prises de terre, amenant une chute de tension le long du conducteur PEN.
- Des parafoudres en mode commun s'imposent ici également.



#### - Solutions :

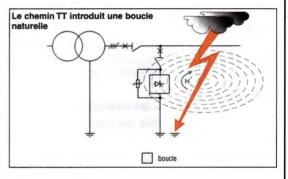
- Pour réduire les perturbations internes, quel que soit le SLT, une installation de haut niveau kéraunique nécessite une protection par parafoudre.
- En schéma TT et TN. S, une protection de mode commun et de mode différentiel
- En schéma IT et TN. C, une protection de mode commun.

#### - Rayonnement

- les perturbations électromagnétiques peuvent provenir de sources externes par rayonnements.
- les champs électromagnétiques émis induisent des tensions parasites dans des boucles (CEI 364-444) et peuvent perturber certains équipements électroniques.
- les solutions mises en jeu sont générales et indépendantes des SLT.

#### - Foudre au sol en schéma TT :

- En cas de coup de foudre proche d'une installation BT, le champ électromagnétique engendre un flux au travers de la boucle naturelle du schéma TT.
- Cette boucle est constituée par la ligne BT aérienne de distribution publique, la prise de terre individuelle d'une maison en milieu rural, la terre et la prise de terre du point neutre du transformateur EDF. Cette boucle peut être de grande surface, surtout si l'habitation est très éloignée du poste de livraison. Ici aussi, un parafoudre est nécessaire près des équipements sensibles aux surtensions.

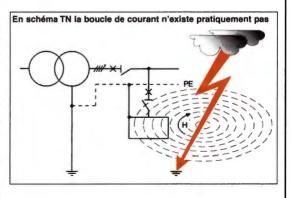


#### - Foudre au sol en schéma TN

 La boucle décrite en schéma TT peut ne pas exister si le conducteur PE est posé à proximité des conducteurs actifs et que l'ensemble est interconnecté à une seule prise de terre.

#### - Foudre au sol en schéma IT

- Le phénomène décrit pour le schéma TT peut se retrouver en schéma IT si les prises de terre sont séparées et non interconnectées.
- Si les prises sont interconnectées, cette boucle n'existe pratiquement pas puisque le PE est posé à proximité des conducteurs actifs et que l'ensemble est interconnecté à une seule prise de terre.



#### - Principe

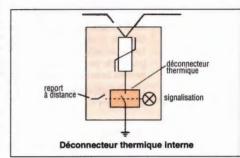
- Trois types de protection sont à assurer avec un parafoudre :
  - la protection contre le vieillissement du parafoudre,
  - la protection contre les courants de court-circuit,
  - la protection contre les contacts indirects, si nécessaire.

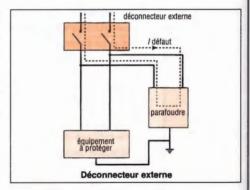
#### - Protection contre le vieillissement.

- Le parafoudre à varistance est caractérisé par un courant de fuite très faible (< 1mA). Comme il est à base de semi-conducteur, son courant de fuite augmente très légèrement à chaque choc de foudre. Cela entraîne un échauffement, et, au fur et à mesure des chocs, un vieillissement du composant par emballement thermique.
- Un système de déconnexion thermique (figure cicontre) intégré au parafoudre permet de mettre hors circuit le parafoudre avant qu'il n'atteigne l'échauffement maximum admissible. Un voyant signale cet état à l'utilisateur. La durée de vie d'un parafoudre est importante et comparable aux autres produits de protection installés dans un tableau électrique s'il est correctement choisi.

#### - Protection contre les courts-circuits

- Un des paramètres du parafoudre est la valeur du courant maximum (I<sub>max</sub> en onde 8/20) qu'il peut supporter sans dégradation. Si cette valeur est dépassée, le parafoudre se détruit et se met en court-circuit définitivement.
- Il doit être impérativement changé. Le courant de défaut sera alors éliminé par un dispositif de déconnexion du type disjoncteur (figure cicontre) situé en amont et sur la branche du parafoudre.





9.10.8. DÉCONNEXION DES PARAFOUDRES

#### - Choix des parafoudres

La gamme des parafoudres Basse Tension est conçue pour répondre à toutes les configurations. De nombreuses versions sont donc proposées, qui diffèrent par :

- le type ou classe d'essais (1, 2 ou 3)
- le courant maximum de décharge (I<sub>Imp</sub>, I<sub>max</sub> <sup>(1)</sup>).
- la tension de fonctionnement (Uc)
- le niveau de protection (Up)
- la configuration du réseau (Mono/Triphasé).
- la technologie de protection (varistances, éclateurs, fibre)
- les fonctionnalités (redondance, mode différentiel, débrochabilité, télésignalisation...).

La sélection des parafoudres devra se faire en fonction des impératifs normatifs (exemple : valeur minimale de  $I_n$ ) et des contraintes spécifiques à l'installation (exemple : densité de foudroiement élevée).

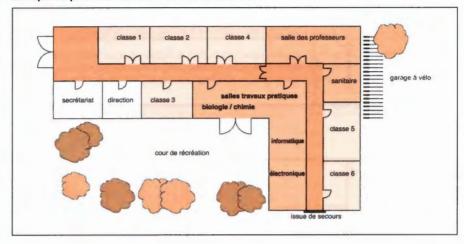
 Le choix du type de parafoudre s'effectue suivant les contraintes de l'installation à protéger

Configuration	Parafoudre	Localisation	
Installation équipée de paratonnerre ou de structure pouvant être frappée par la foudre (pylône)	Type 1	Entrée réseau (Coffret ou TGBT)	
Installation non équi- pée de paratonnerre	Type 2	тдвт	
Protection secondaire (en aval de type 2)	Type 3	Proximité d'équipement	

Configuration	max	I <sub>n</sub>		
Très forte densité de foudroiement (N <sub>g</sub> > 2)	70 kA	30 kA		
Densité de foudroie- ment élevée ou normale (1 < N <sub>g</sub> < 2)	40 kA	15 kA		
Parafoudre secondaire, Type 3 (en aval de type 2)	10 kA	5 kA		

(1) § 9.10.5.

#### - Exemple de protection d'un établissement scolaire



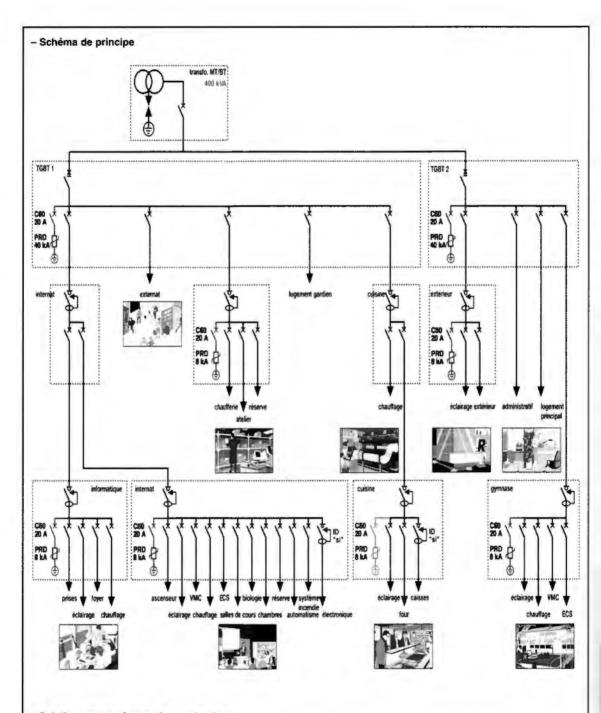
#### - Les besoins

- Le collège comprend plusieurs bâtiments abritant :
  - 2 bâtiments externat et internat de 2 étages avec ascenseur,
  - 1 gymnase : vestiaire et terrain de sport,
  - 1 bâtiment de demi-pension, restauration et cuisine,
  - 1 atelier technique et une chaufferie au gaz,
  - 1 bâtiment administratif et logement de fonction.
- Ce site est soumis à la réglementation de protection contre l'incendie ; il dispose d'un système de sécurité et d'alarme incendie comme tous les établissements scolaires ou colonies de vacances possédant des zones de sommeil.
- Il est recommandé de veiller à la continuité de service des dispositifs de détection automatiques et d'alarme incendie en toutes circonstances y compris en cas de surtensions d'origines atmosphériques.

#### - L'environnement

- Situé en périphérie d'une grande agglomération, cet établissement peut être soumis à des surtensions d'origines atmosphériques consécutives à des coups de foudre proches ou éloignés.
- La densité de foudroiement locale est moyenne (0,5 < Na < 1,6)
- Le schéma des liaisons à la terre du réseau est en TN-S.
- Le matériel à protéger est d'un coût moyen, mais l'établissement ne disposant pas d'un gros budget de provision pour risques (remplacement), il est indispensable de bien protéger les appareils sensibles : microscopes, électroniques, appareils de mesures, équipements électroniques et informatiques.
- De nombreux matériels pédagogiques ont une tension de choc réduite (U<sub>choc</sub> ≤ 1,5 kV), en particulier pour les salles de travaux pratiques (biologie, chimie, électronique, informatique...) qui nécessitent une protection contre la foudre, adaptée au plus près des récepteurs. Il en est de même pour les dispositifs d'alarme et de détection incendie. Le bâtiment, de construction traditionnelle, ne comporte pas de dispositif particulier de mise à la terre, mais répond aux normes en vigueur.
- Le collège est alimenté par une ligne électrique souterraine basse tension triphasée + neutre, fournie par une régie municipale.
- Les autres réseaux d'alimentation : gaz (régie), télécommunications (France Télécom) et eau (régie municipale) sont également enterrés.

9.10.9.
EXEMPLE DE
PROTECTION
D'UN BÂTIMENT
CONTRE LA
FOUDRE



#### - Solutions proposées par le constructeur.

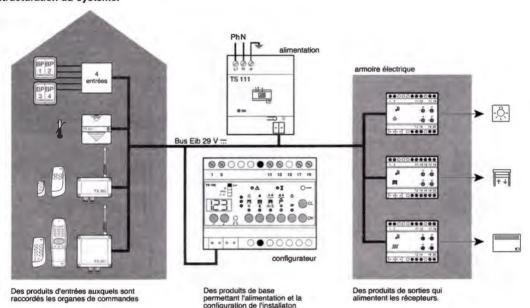
- L'armoire de distribution principale (TGBT) installée dans le local technique des bâtiments externats dispose d'une protection contre la foudre de 40 kA. (Parafoudre BT débrochable PRD 40 associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A).
- Les coffrets secondaires de distribution, répartis à chaque étage des autres bâtiments, sont protégés par des parafoudres
   BT de 8 kA (parafoudre PRD8) associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A.
- Les appareils de télécommunication, de surveillance et d'alarme incendie sont protégés par des parafoudres de communication de type :
  - PRC pour les réseaux téléphoniques analogiques,
  - PRI 12/48 V pour les réseaux téléphoniques numériques et les automatismes,
  - PRD 6 V pour des réseaux informatiques (niveau de risque très élevé).

# 9.11. GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN MILIEU DOMESTIQUE

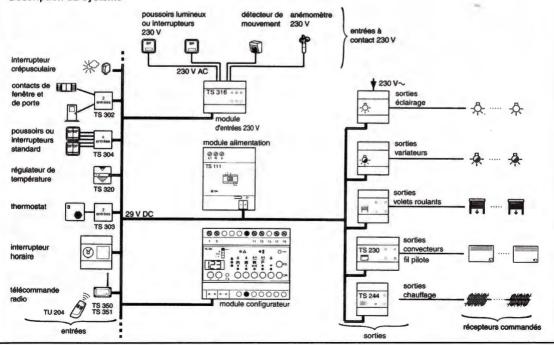
(D'après HAGER-TÉHALIT)

#### 9.11.1. NOUVEAU SYSTÈME D'INSTALLATION ÉLECTRIQUE SYSTÈME D'INSTALLATION COMMUNICANT

- Le système Tébis TS permet de piloter de façon simple et confortable l'ensemble de l'éclairage des volets et du chauffage. Avec ce système, n'importe quel bouton-poussoir peut délivrer n'importe quelle commande (Marche, arrêt, variation montée, descente... en commande individuelle, de groupe, générale ou scénario) vers n'importe quels récepteurs de l'installation.
- Ce système simplifie la vie des occupants actuels et futurs, il les libère de certaines tâches tout en garantissant à l'installation électrique, un niveau élevé d'adaptation et d'évolutivité.
- Structuration du système.

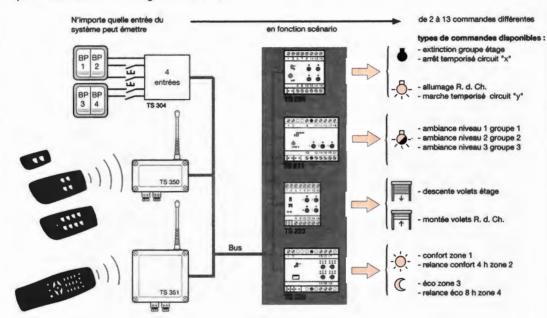


- Description du système



#### - Le système Tébis TS : fonction scénario

- Fonctions multi-action, multi-application, qui permettent d'associer à n'importe quelle entrée du système jusqu'à 13 commandes différentes :
- Exemple: Le soir, il fait nuit, vous quittez votre domicile. Par un appui sur le BP situé au niveau de la porte d'entrée, de la porte du garage et/ou par la télécommande radio porte-clefs, vous allez d'un seul geste pouvoir:
  - allumer l'éclairage extérieur en minuterie,
  - faire une extinction totale des luminaires de la maison,
  - agir sur prise commandée pour simuler une présence (radio + lumière),
  - faire baisser tous les volets.
  - passer l'ensemble du chauffage en mode « éco »...



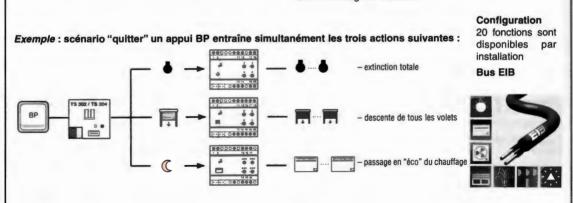
#### Avantages et cas d'applications

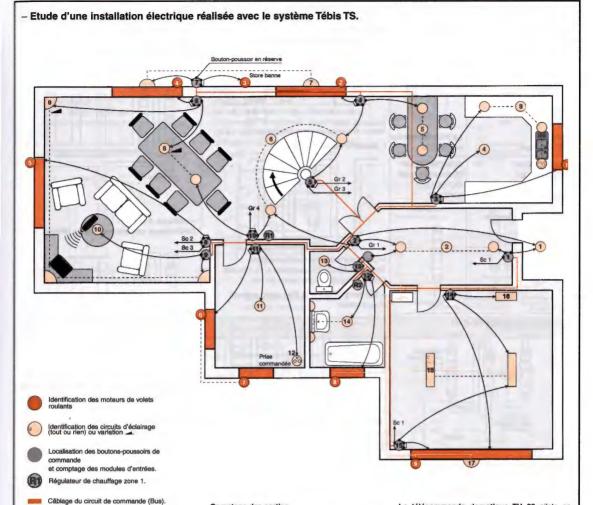
La fonction scénario libère l'utilisateur des petites servitudes quotidiennes chaque fois que celui-ci est obligé d'effectuer des commandes multiples et répétitives. C'est le cas notamment pour l'ensemble des petits commerces, il faut matin et soir commander la grille, l'éclairage du magasin, de la vitrine, du store, de l'enseigne, l'alimentation de la caisse, les caméras vidéo.

Une commande unique peut remplacer avantageusement ces opérations successives et évite ainsi tout oubli.

Dans une installation Tébis TS, la fonction scénario peut être affectée à n'importe quelle entrée du système y compris aux télécommandes.

Elle permet de réduire le nombre de points de commande tout en simplifiant l'utilisation et procure ainsi un véritable confort d'usage à l'utilisateur.





Comptage des sorties

Il s'agit de compter par application, le nombre de sorties nécessaires afin de définir la liste du matériel.

- 15 éclairages TOR = 3 TS 206B )
- 6 sorties 10 A (réserve = 3 sorties),
- 2 variateurs = 2 TS 210A (300 W).
- 9 moteurs volets = 3 TS 223 à
- 4 sorties (réserve = 3 sorties) chauffage 2 zones = 1 TS 240 à
- 4 sorties 16 A.

La télécommande domotique TU 23 pilote en infrarouge jusqu'à 3 récepteurs audiovisuels. Associée au récepteur radio, elle permet d'émettre jusqu'à 24 commandes vers l'ensemble de l'installation électrique. Les touches de la télécommande peuvent ainsi se substituer à n'importe quel bouton-poussoir mural ou émettre des commandes spécifiques :

Exemple : scénario "regarder la télévision"

#### Comptage des entrées

- 13 modules TS 304 à 4 entrées - 2 modules TS 302 à 2 entrées.
- 1 module 6 entrées TS 310.
- 1 TU 230 télécommande domotique - 1 TS 351 récepteur radio,
- 2 régulateurs TS 322 pour 3 zones de chauffage.

Le module TS 314 est capable de gérer 4 entrées 230 V. Il est utilisé pour récupérer sur le bus les

- 4 informations suivantes : - 2 voies de programmation horaire pour gérer l'alternance confort/réduit des deux zones de chauffage,
- le contact de l'anémomètre,
- le contact de l'interrupteur "vacances" (voir scénario "quitter").

Produits système - 1 TS 100 configurateur

- 1 TS 111 alimentation

Les alimentations des récepteurs se font directement depuis les modules de sortie éliminant ainsi un grand nombre de boîtes de dérivation, gourmandes en temps de main d'œuvre.

Au niveau de la commande, il suffira de faire cheminer le câble Bus vers tous les points d'implantations destinés à recevoir des boutons-poussoirs.

La configuration

Elle permet de définir le fonctionnement pilote de l'installation. Cette opération s'effectue en toute fin de chantier. A ce moment, il sera toulours possible d'intégrer les dernières modifications souhaitées par le client.

#### Légende des commandes de groupe et scénarios

Exemple de câblage puissance.

Bouton-poussoir simple = TS 302

Bouton-poussoir double = TS 302

Bouton-poussoir triple = TS 304

Bouton-poussoir quadruple = TS 304

Bouton-poussoir quadruple avec une commande de volets = TS 304

- a) Les commandes de groupe : exemples
- Gr1 = groupe nº 1 extinction des circuits 3 à 11
- Gr2 = groupe n° 2 commande de groupe montée et descente des volets nº 1 à 8
- Gr3 = groupe n° 3 extinction de tous les circuits sauf nº 6
- Gr4 = groupe nº 4 commande de groupe montée et descente des volets n° 2-4-5
- b) Les commandes scénarios (voir exemples de scénarios)
- Sc1 = scénario n°1 "quitter le domicile"
- Sc2 = scénario n°2 "regarder la télévision"
- Sc3 = scénario nº3 "activité lecture"

#### 9.11.2. PRODUITS D'ENTRÉE ET DE SORTIE POUR SYSTÉME D'INSTALLATION TRADITIONNELLE (D'après HAGER-THÉHALIT)

#### VOYANT DE SIGNALISATION



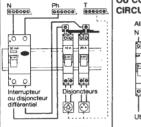
#### Version vert ou rouge

# Protection N Ph SU273

SONNERIE

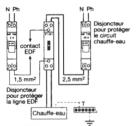
Le transformateur est inutile

# DISJONCTEUR DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL DIVISIONNAIRE OU COUPE-

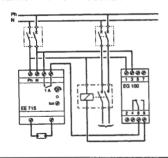


Alimentation
N Ph

#### CONTACTEUR CHAUFFE-EAU



#### INTERRUPTEUR CRÉPUSCULAIRE



#### **MINUTERIES**

#### - Diagramme de fonctionnement

Minuterie et préavis d'extinction

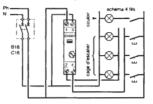
ELUCO:

ENUCCION

Courant de repos:

Nombre de boutons-poussoirs lumineux (à 1mA): 1 à 50

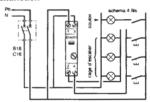
~ Schéma bifilaire (4 fils)



# Caractéristiques fonctionnelles Temporisation de 24 secondes à 12 minute

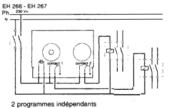
Temporisation de 24 secondes à 12 minutes. Courant maximum de repos 50 mA.

#### Schéma bifilaire (4 fils) avec préavis d'extinction



#### INTERRUPTEUR HORAIRE

#### - Schéma bifilaire



#### 2 programmes independants

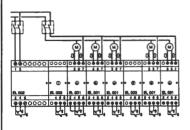
#### Caractéristiques fonctionnelles 2 programmes indépendants.

Technologie à quartz.

Finesse de programmation : 30 min / 3 heures. Précision de fonctionnement : 6 min / an. Réserve de marche : 150 h après 70 h. Commande manuelle : OFF / Auto / ON.

#### COMMANDE DE VOLETS ROULANTS ET DE STORES MOTORISÉS

- Raccordement électrique



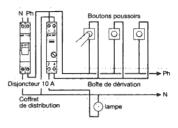
Commande générale de l'installation, commande de deux groupes (2 zones) et commande individuelle.

- 1 boîtier EL 002 peut alimenter au maximum 16 boîtiers EL 001.
- 1 boîtier EL 001 ne peut commander qu'un seul moteur.

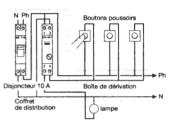
#### - Légende :

- La commande générale est réalisée à l'aide des boutons-poussoirs associés au boîtier EL 002.
- La commande de groupe EL 003 (1) agit sur tous les EL 001 à sa droite ((a)(b)(c)) jusqu'au prochain boîtier EL 003 (2); ce dernier (2) commande tous les EL 001 à sa droite ((d)(e)).
- Chaque store ou volet est commandé individuellement par un boîtier EL 001.

#### - TÉLÉRUPTEURS câblage 3 fils (télérupteur commandé par le neutre)



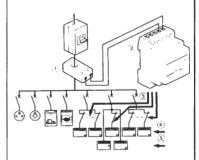
#### - câblage 4 fils (télérupteur commandé par la phase)



L'intérêt de ce câblage réside dans le fait que la distribution de la phase et du neutre dans la boîte de dérivation permet d'alimenter des points d'éclairage indépendants du télérupteur.

#### **DÉLESTEUR MONOPHASÉ**

#### - Schéma unifilaire



#### Caractéristiques fonctionnelles

Calibres: 15 à 90 A.

Cycle de délestage : 5 minutes.

Temporisation de déclenchement : 0,5 à 2 secondes.

#### - Légende :

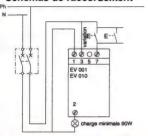
- ① Le capteur mesure en permanence l'intensité totale absorbée par l'installation.
- ② Le délesteur compare l'intensité mesurée à la consigne affichée (15 à 90 A) et commande le cycle de délestage.
- ③ 1, 2 ou 3 contacts transmettent les ordres de délestage aux contacteurs, un voyant en façade visualise la sortie délestée.
- ① Circuits délestés (chauffage, chauffe-eau).
- ⑤ Circuits non délestés (prioritaires).

#### (D'après HAGER-THÉHALIT)

#### **TÉLÉVARIATEURS**

- Variation
- Allumage / extinction, par appui bref sur le bouton-poussoir.
- L'allumage se fait au dernier niveau lumineux mémorisé.
- Par appui maintenu, la variation se fait progressivement
- jusqu'à la valeur maximale
- Le sens de variation est inversé à chaque

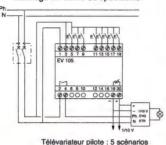
#### Schémas de raccordement



Variation par boutons-poussoirs associés ou par bouton-poussoir en facade sur l'appareil

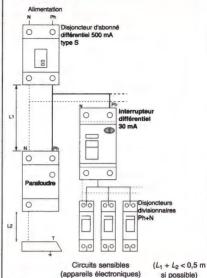
#### - Caractéristiques fonctionnelles

- Voyant de mise sous tension par LED rouge.
- Protection électronique de la surchauffe. - Protection électronique contre les
- courts-circuits. - Mémorisation du niveau d'éclairement.
- Démarrage progressif, augmente la durée des lampes :
- Utilisations diverses, éclairage modulé, éclairage de salles de spectacles.



(salles de spectacles)

#### PARAFOUDRE

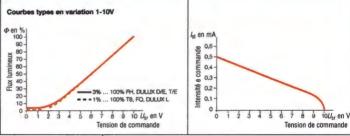


si possible)

#### **COMMANDE DES LAMPES FLUORESCENTES \***

- Gestion de l'éclairage par interface 1.10 volts
- Ballasts électroniques gradables pour tubes fluorescentes Ø 16 mm (24. 39.49.54.80 W)
- Ballasts électroniques numériques pour gradation de 1 à 100 % des tubes fluorescents au moyen d'une interface fournissant un signal de commande ou une passerelle de conversion d'un signal de BUS.
- Les ballasts peuvent être gradés directement grâce à une fonction intégrée, par un bouton-poussoir.
- Un système est capable de stocker des informations (adresses, vitesse de variation) et de renvoyer des informations au système de gestion (état, défectuosité des lampes).

# (D'après OSRAM)

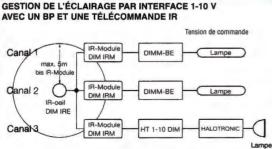


#### FONCTIONNEMENT AVEC POTENTIOMÈTRE b -----Ballast électronique Ballast ectronique Ballast ectronique Valeur du potentiomètre $R = \frac{220 \text{ k}\Omega\text{kg}}{2}$ L NO n: nombre d'alimentations connectées

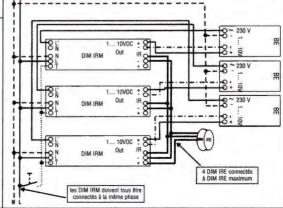
La fonction interrupteur marche/ arrêt du DIM MCUP est conçue pour couper au maximum 10 HF DIM ou 5 HF DIM duo

#### **CONSEILS DE MONTAGE POUR VARIATION 1-10 V**

- 1. Longueur maximum des câbles : 300 m
- 2. Section de fil recommandée : 1,5 mm2
- 3. Toute la filerie doit être capable de supporter la tension secteur.
- 4. Attention : ne pas inverser les bornes + et -, sinon le niveau maximum ne peut plus être atteint.
- 5. Les borniers 1-10 V sont prévus pour du fil de 1,5 mm² maxi-



D'autres schémas sont présentés dans le DVD Rom associé à l'ouvrage



#### 9.12. MONTAGES LUMIÈRES PRINCIPAUX SCHÉMAS LUMIÈRES - Établir ou interrompre un circuit d'un seul endroit. Simple Allumage (SA) - Signale l'état électrique du circuit princi-Simple Allumage pal. (SA) - Interrupteur avec voyant intégré. Avec voyant de signalisation - Établir ou interrompre deux circuits différents d'un seul endroit. **Double Allumage** (DA) - Établir ou interrompre un circuit de deux endroits différents. Va et Vient (VV) - Établir ou interrompre un circuit de plusieurs endroits. - Commande par impulsions sur des boutons-poussoir (S ... Sx). Télérupteur - Les boutons-poussoirs peuvent être lumineux. - Établir ou interrompre un circuit de plusieurs endroits. - Commande par impulsions sur des bou-Télérupteur à tons-poussoir (S ... S<sub>v</sub>). commande TBT - Le circuit de commande est alimenté en TBT. - Établir instantanément un circuit et l'interrompre automatiquement après un temps réglable. Minuterie boutons-poussoirs - Les boutons-poussoirs peuvent être lumicôté neutre neux. - Établir instantanément un circuit et l'inter-**Minuterie** rompre automatiquement après un temps boutons-poussoirs réglable. côté phase - Avec voyant lumineux associé à une résis-(Montage tance, montés en parallèle sur les bourecommandé) tons-poussoirs. - Faire varier l'intensité lumineuse d'un Commande par point à l'aide d'un variateur électronique. variateur - Non utilisable pour les tubes fluorescents. électronique - Montage de prise de courant en parallèle. PE - Protection par disjoncteur 16 A. Prises de courant commandées - La section des conducteurs peut être de 1.5 mm<sup>2</sup>.

# 9.13. EXEMPLE D'INSTALLATION ÉLECTRIQUE DOMESTIQUE

#### **CÂBLE D'ALIMENTATION**

- U 1000 R 02 V 3 X 16 mm2 (40 m). Poses du fourreau et des regards comprises dans le lot nº 1.

#### TABLEAU DE RÉPARTITION

- Un disjoncteur bipolaire 15 à 45 A réglé à 30 A Différentiel 500 mA.
- Un interrupteur différentiel 30 mA, calibre 40 A, type A.
- Deux interrupteurs bipolaires différentiels 30 mA Calibre 40 A, type AC
- Disjoncteur 16 A : lumière cuisine, entrée, dégagement WC.
- Disjoncteur 16 A : lumière chambres 1, 2, 3, salle de séjour.
- Disjoncteur 16 A : lumière cave, lingerie, garage, escalier, entrée garage.
- Disjoncteur 16 A : lumière salle d'eau.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant chambre 1 et salle de séjour.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant chambres 2 et 3, dégagement, entrée
- Disjoncteur 20 A : prises de courant salle d'eau, cuisine, sous-sol.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant lave-vaisselle, cuisine.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant machine à laver le linge cuisine.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant lingerie et garage.
- Disjoncteur 32 A : départ cuisinière.

#### PRISE DE TERRE GÉNÉRALE

(câble en cuivre nu,  $S = 25 \text{ mm}^2$  en fond de fouille avec barrette de coupure).

SALLE DE SÉJOUR CHAMBRE 1

9.13.2. **SCHÉMA** UNIFILAIRE PARTIEL

9.13.1.

ALIMENTATION

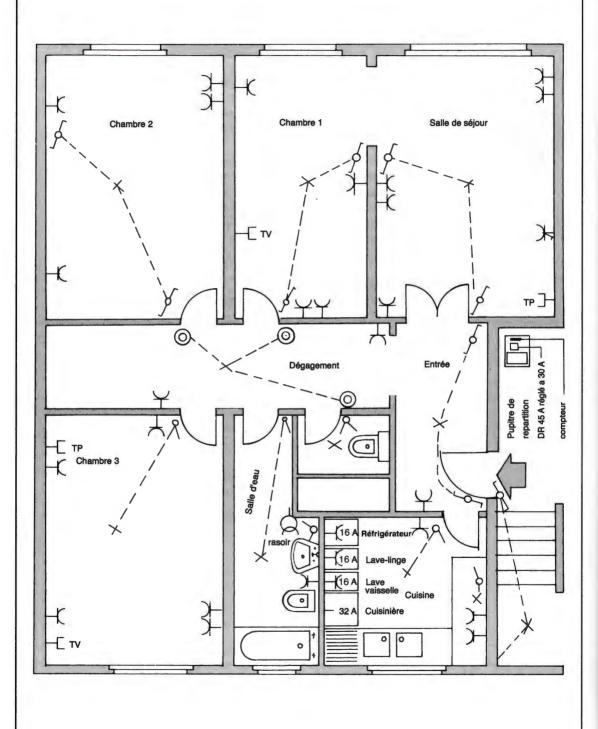
**ET PROTECTION** 

(logement

de 85m2)

Note: le schéma unifilaire est le plus utilisé, il tient compte également du parcours des canalisations et doit fournir le maximum d'informations.

# 9.13.3. SCHÉMA ARCHITECTURAL HABITATION



# 10. SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS

# 10.1. DE LA CONCEPTION À LA MAINTENANCE

(D'après LEGRAND)

#### DÉMARCHE

DÉTERMINER LE TYPE D'ÉTABLISSEMENT

- On distingue trois sortes d'établissements principaux :
  - Les ERP (Établissements Recevant du Public)
  - Selon leur activité, Les ERP sont classés en types repérés par une ou plusieurs lettres (§ 10.2.3)
  - Les ERT (Établissements Recevant des Travailleurs).
  - Les locaux d'habitation.

CALCULER L'EFFECTIF ET LA CATÉGORIE

- La catégorie se définit à partir du type de l'établissement et de son effectif (§10.2.2 à § 10.2.4)
- Il existe cinq catégories d'établissements :
  - moins de 301 personnes : 5e et 4e catégorie,
  - de 301 à 700 personnes : 3e catégorie,
  - de 701 à 1 500 personnes : 2e catégorie,
  - au-dessus de 1 500 personnes : 1e catégorie

DÉFINIR LE TYPE D'ÉQUIPEMENT

- La catégorie de l'établissement permet, à son tour, de choisir le type d'alarme incendie applicable au projet.
- Il existe 5 types d'alarme incendie.
  - Il existe 5 catégories de SSI (Système de Sécurité Incendie) classés de A à E selon le niveau de risque de l'établissement.
  - Le niveau A correspond au niveau le plus élevé.
  - La détermination de cette catégorie, permet ensuite de déterminer le type d'alarme à installer.
  - La réglementation distingue 5 types d'alarme : type 1, 2a, 2b, 3 et 4.



Type Alarme Incendie



CHOISIR LES PRODUITS CORRESPONDANTS  Simples et directs, les tableaux de choix permettent d'identifier immédiatement les produits conformes à la réglementation, établissement par établissement (§ 10.4.11)

ÉTABLIR LES CERTIFICATS DE CONFORMITÉ

- Consulter les normes relatives aux installations de sécurité (§ 10.8)

Tous les établissements selon leur activité et l'effectif du public qui les fréquente, imposent des installations de sécurité spécifiques. Il est impératif de déterminer ces types et catégories pour réaliser une installation d'éclairage ou d'alarme incendie conforme à la réglementation.

# 10.2.1. DIFFÉRENTS ÉTABLISSEMENTS

#### Les ERP (Établissements recevant du public)

 Suivant leur activité, ces établissements sont classés en types. À cette classification s'ajoute la définition d'une catégorie, établie en fonction de l'effectif du public qu'ils peuvent recevoir. La sécurité de ce public est en effet le premier objectif d'une installation de sécurité.

#### Les ERT (Établissements Recevant des Travailleurs)

 Assujettis à la législation du travail, ces établissements n'imposent pas la définition d'une catégorie. Certains sont soumis à des règles additives supplémentaires en fonction des risques spécifiques (chantiers, locaux à risques d'explosions,...) et sont traités de manière spécifique.

#### Les locaux d'habitations.

- Ils sont classés en familles en fonction de leur nombre d'étages et non de l'effectif.

Les IGH. Immeubles de Grande Hauteur.

### 10.2.2. DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ DE L'ÉTABLISSEMENT

- Les ERP sont classés en plusieurs types suivant leur activité (banque, musée, café, lieu de culte...).
- Chaque type est repéré par une ou plusieurs lettres. Il est impératif de connaître à quel type d'activité se rapporte l'établissement. Pour déterminer l'activité de l'établissement faisant l'objet d'un projet, se reporter au tableau ci-dessous.
- Liste alphabétique des établissements :

	Type		Type		Туре		Туре
Α		D		1-7		R	
Administration	W	Dancing	P	Internat	R	Refuge de montagne	REF
Aérienne (gare)	GA	Danse (salle de)	P	Immeuble d'habitation	_	Résidence* de	
Altitude (restaurant)	OA	Débit de boissons	N	Immeuble de grande		personnes âgées	-
Altitude (hôtel)	OA	Discothèque	P	hauteur	_	Résidence* de	
Archives	S	Documentation (centre de	) S	Jeux (salle de)	P	personnes handicapées	-
Atelier (recevant		E		L		Restaurant	N
des travailleurs)	-	École	R	Local à risques		Restaurant d'altitude	OA
Auberge de jeunesse	R	Église	V	d'explosion (BE3)	-	S	
Audition (salle)	L	Établissement de culte	V	Local industriel	_	Salle de réunions	L
В		Établissement d'enseigne-		Local technique	_	Salle d'audition	-
Bal	P	ment	R	Logement	_	Salle de conférences	L
Banque	w	Établissement de plein air		Lycée	R	Salle de danse	P
Bar	N	Établissement de soins	Ü	M		Salle d'exposition	
Bateau stationnaire	EF	Établissement flottant	EF	Magasin de vente	М	à vocation commerciale	Т
Bazar	М	Exposition (salle d')	T	Mairie	w	Salle de jeux	P
Bibliothèque	S	Exposition (salle d)		Maison de retraite	J		X
Billard (salle de)	P	(salle d')	т	Manège équestre	•	Salle omnisports	
Boissons (débit de)	N	Exposition culturelle	Ý	(couvert)	X	Soins (établissement de)	
Brasserie	N		Y	Manège équestre	^	Spectacle (salle de)	PA
Bureau (recevant	14	F		(de plein air)	PA	Sport (terrain de)	PA
du public)	w	Flottant (établissement)	EF	Mosquées	V	Sportif (établissement	
Bureau (recevant	44	Foyer logement pour		Motels	ŏ	couvert)	X
		personnes âgées ou		111-3434	Y	Stade	PA
uniquement des		personnes handicapées	-	Musées	T	Structure d'accueil	
travailleurs)		G		0		pour personnes	
С		Galerie marchande	M	Omnisport (salle)	X	âgées et personnes	
Café	N	Garderie	R	P		handicapées	J
Camping	_	Gare aérienne	GA	Parking couvert à		Structure gonflable	SG
Centre commercial	M	Gare souterraine	GA	caractère industriel		Synagogue	V
Centre de documentation	S	Gîtes commerciaux		et commercial	PS	T-U-V	
Centre médico-éducatif	J	(gîtes de groupe d'étape		Parking couvert d'habitati	on –	Temple	V
Chantier	-	d'enfants, équestre)	_	Patinage (piste de)	PA	Tente	CTS
Chambre d'hôtes	_	Gonflable (structure)	SG	Patinoire (couverte)	X	Terrain de sport	PA
Chapiteau	CTS	н		Pension de famille	0	Usine	_
Clinique	U	Habitation	_	Piscine couverte	x	Vente (magasin de)	М
Collège	R	Hôpital	U	Piscine découverte	PA	(	
Colonie de vacances	R	Hôpital de jour	U	Plein air	' ^		
Conférences (salle de)	L	Hôtel	0	(établissement de)	PA		
Crèche	R	Hôtel d'altitude	OA	Pouponnière	U	* non médicalisée	
	11	Hotel d allitude	UA	Loaponnere	U		

# 10.2.3. DÉFINITION DE LA CATÉGORIE

Après avoir défini le type d'établissement sur lequel va porter l'intervention, on doit impérativement calculer son effectif afin de connaître sa catégorie et d'établir le type d'installation à effectuer. Aucun cas n'est reproductible, il est obligatoire de réaliser le calcul pour chaque nouveau chantier.

- Pour définir la catégorie, il s'agit d'abord de calculer et additionner l'effectif du public et du personnel pouvant fréquenter l'établissement en fonction des spécificités et règlements propres à chaque type d'ERP.
- Le décompte obtenu permet de définir la catégorie :
  - Moins de 301 personnes :
  - Si l'effectif du public est inférieur aux limites réglementaires (tableau ci-dessous), l'établissement est de 5<sup>e</sup> catégorie et il ne faut pas compter le personnel.
  - Si l'effectif du public est supérieur aux limites de la 5e catégorie, l'établissement est de la 4e catégorie.
  - De 301 à 700 personnes :
  - L'établissement est de la 3e catégorie.
  - De 701 à 1 500 personnes :
  - L'établissement est de la 2e catégorie.
  - Au-dessus de 1 500 personnes :
  - L'établissement est de la 1ère catégorie.

\* Établissement spécialisé pour enfants en bas âge

- Intégrer l'effectif des personnes handicapées.
- Au-delà d'un certain seuil, le nombre admissible de personnes handicapées a une influence directe sur le choix de la catégorie de SSI (Système de Sécurité Incendie) et du type d'alarme à utiliser.
- Déterminer l'éclairage de sécurité et le type de SSI.
  - Lorsque le décompte des effectifs est fait et lorsque la catégorie de l'établissement est définie, on doit déterminer le type d'éclairage et le type d'alarme incendie qui s'appliquent au projet.

Туре	Établissement	Décompte du public		
J	Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	effectif maximal défini par déclaration (ajoute 1 visiteur pour 3 résidents) Résidents Effectif total		
	Salles de réunions, de quartier sans spectacle	1 personne/m <sup>2</sup>		
	Salles d'audition, de conférences	Nombre de places numérotées ou 1 personne 0,5 m linéaire. Rajouter 3 personnes/m² pour les		
L	Salles de projection, de spectacles	surfaces réservées aux spectateurs debout e 5 personnes/m² pour file d'attente et promenoir		
	Cabarets	4 personnes/3 m <sup>2</sup> (déduction faite des estrades ou aménagements fixes)		
	Salles polyvalentes non classées type X	1 personne/m <sup>2</sup>		
М	Magasins	Rdc: 2 personnes/m² S/sol et 1er étage: 1 per sonne/m², 2e étage: 1 personne/2 m². Étage supérieur: 1 personne/5 m²     La surface accessible au public est évaluée at tiers de celle des locaux sur déclaration au che d'établissement ou forfaitairement     Magasins à faible fréquentation: 1 per sonne/3 m² sur le tiers de la surface		
N	Restaurants Bars	Restauration assise : 1 personne/m²     Restauration debout : 2 personnes/m²     File d'attente : 3 personnes/m²		
0	Hôtels	Suivant le nombre de personnes déclaré par chambrou en absence de déclaration : 2 personnes par chambron : 2 personnes par c		
P	Salles de danse, de jeux	4 personne/3 m <sup>2</sup> (déduction faite des estrades or aménagements fixes)		
	Salles de billard	4 personnes par billard + les spectateurs		
	Colonies de vacances	Plus de 2 étages     2 étages au plus		
R	Établissements d'enseignement :	Effectif maximal défini par la déclaration écrite d'chef d'établissement.		
S	Bibliothèques	Effectif maximal défini par la déclaration écrite de chef d'établissement		
Т	Halls et salles d'exposition	Temporaire: 1 personne/m² de la surface totale d'accès au public Permanent: biens d'équipement volumineux (voi tures, bateaux): 1 personne/9 m²		
U	Établissements sanitaires • avec hébergement • sans hébergement	Malades: 1 personne/lit Personnel: 1 personne/3 lits Visiteurs: 1 personne/lit (1 personne/2 lits*) 8 personnes/poste de consultation ou d'explora tion externe		

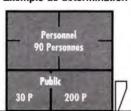
Clast	Étanna	Ensemble
S/sol	Étages	des niveaux
-	-	20
100	_	100
100	_	200
20	_	50
20	_	50
20	-	50
100	100	200
100	200	200
-	-	100
20	100	120
20	100	120
_	_	20 30
100	100	200 20 100
100	100	200
100	100	200
		20 (20 lits*) 100

Туре	Établissement	Décompte du public						
V	Établissements de culte	1 personne/siège ou 1 personne/0,50 m de banc     2 personnes/m² de la surface réservée aux fidèles						
W	Banques : Administrations	Défini par la déc	claratio	n du chef d'ét	ablissement			
-			sans	s spectateur	avec spectateurs (1			
x	Établissements sportifs couverts	Omnisports Patinoire Polyvalente Piscine	2 per 1 pe	rsonne/1 m <sup>2</sup> rsonnes/3 m <sup>2</sup> ersonne/m <sup>2</sup> ersonne/m <sup>2</sup>	1 personne/8 m <sup>2</sup> 1 personne/10 m <sup>2</sup> 1 personne/m <sup>2</sup> 1 personne/5 m <sup>2</sup>			
		(1) Ajouter l'effectif des spectateurs en fonction du calcul des salles de spectacles type L						
Y	Musées	Effectif maximal défini par la déclaration écrite d'établissement			ration écrite du chef			
CTS	Chapiteaux, tentes	Selon l'activité se reporter au type d'établissement considé						
EF	Établissements flottants	Selon l'activité se reporter au type d'établissement conside						
GA	Gare aérienne Gare souterraine	Dans les zones de stationnemei bureau) 1 personne/m² Dans les emplacements où les transitent (salle de pas perdus, e 1 personne/2 m² suivant déclara			connes stationnent et			
OA	Hôtels, restaurants d'altitude	Suivant le nombre de personnes déclarées pouvant occ per les chambres ou en l'absence de déclaration 2 pe sonnes par chambre						
PA	Établissements de plein air	Suivant déclarat	tion du	maître d'ouvra	age			
REF	Define de monte.	Refuges non gar	rdés	Suivant le no	ombre de places de			
HEF	Refuge de montagne	Refuges gardés		couchage				
SG	Structures gonflables	Selon l'activité se reporter au type d'établissement consi- déré avec un maximum de 1 personne/m²						
irouperr nents	nent de plusieurs types d'établisse-	L'effectif est calc	culé su	uivant les règle	es propres à chaque			

Limite	de la 5° ca	tégorie
Sous-sol	Étages	Ensemble des niveaux
100	200	300
100	100	200
100	100	200
-	71 <b>-</b> 4	100
-	_	20
_	-	12
-	Ξ	200 200
-	-	20
-	-	300
-	-	-
	-	1
50	100	200

#### · Activité interdite en sous-sol

- Exemple de détermination de l'éclairage de sécurité et du SSI d'une banque.



#### - Données :

- L'effectif du public est supérieur à 200 personnes (200 + 30 = 230) sur l'ensemble des niveaux.
- L'établissement est classé au-dessus de la 5<sup>e</sup> catégorie, il faut donc ajouter l'effectif du personnel à l'effectif du public, soit ici 230 + 90 = 320 personnes au total.
- L'établissement est classé en 3e catégorie (301 à 700 personnes)

#### - Exemple de détermination de l'éclairage de sécurité et du SSI d'un restaurant.

#### - Données :

- Type N
- Rez-de-chaussée : salle de restaurant 150 m²
- Sous-sol: salon de 80 m2
- Aménagement fixe : 30 m² au rez de chaussée et 16 m² en sous-sol, il faut compter la surface réelle des aménagements fixes prévus dans le local (sauf tables et chaises)

#### - Calcul de l'effectif :

- Au rez-de-chaussée : la restauration est assise, donc il faut compter 1 personne par  $m^2$  : 150  $m^2$  30  $m^2$  = 120  $m^2$  utiles, donc **120 personnes**.
- Au sous-sol : la restauration est assise, donc il faut compter 1 personne par  $m^2$  :  $80 m^2 16 m^2 = 64 m^2$  utiles, donc **64 personnes**.
- Total: 120 + 64 = 184 personnes
- Dans l'établissement de 3e catégorie l'effectif du personnel n'est pas pris en compte.



				ÉCLAIRAG		TONOMES (ES)		LE (LSC)		
ÉTABLISSEMENTS	LOCAUX CONCERNÉS	TYPE	CATÉGORIE (Effectif) E	E DE REMPLA- CEMENT (BAEH)	Evacuation I ou F 45 Lm pen- dant 1 h minimum	Ambiance ou antipa- nique 1 : 5 lm/m <sup>2</sup> F : 5 lm/m <sup>2</sup>	Evacuation I ou F 45 Im pen- dant 1 h minimum	Ambiance ou antipanique I : 0,5 W/m <sup>2</sup> F : 5 Im/m <sup>2</sup>	TÉLÉCOM- MANDE	OBSERVATIONS DÉROGATIONS
STRUCTURES D'ACCUEIL POUR PERSONNES	ACCUEIL POUR Mainage de retraite médicalisées		E < 100*	0	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	Au moins 2 blocs d'éclairage par salle. Autonomie 6 h pour une source centralisée sans group électrogène, 1 h dans les autres cas. L'allumage des BAES est piloté par le déclenchement d
ÂGÉES ET HANDICAPÉES	- Foyers pour personnes handicapées.	J	E ≥ 100*	0	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	l'alarme incendie. Si les BAEH fonctionnent, les BAES sont automatiqueme mis au repos.
	- Théâtres - Cabarets de nuits		E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	0	Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est gênant pour l'e
ÉTABLISSEMENTS DE SPECTACLES,	Gymnases avec gradins     Dancings avec décor ou attraction importante	L	100° ≤ E ≤ 700	N	0	0/P	E	E/P	0	ploitation, il est admis qu'il soit réalisé en non permane sauf dans les locaux de projection et à proximité des di
DE RÉUNIONS	- Cinémas Salles de conférence		E > 700	N	N	N	0	0	0	positifs et moyens de secours.
	- Bazars - Magasins de vente		E < 100*	N	0	E/P	E	E/P	E	
MAGASINS DE VENTE	Centres commerciaux     Galeries marchandes	М	100* ≤ E ≤ 700	N	0	D/P	E	E/P	0	Locaux réservés aux employés (voir établissements assi jettis à la législation du travail).
	- Boutiques		E > 700	N	N	N	0	0	0	
RESTAURANTS	Restaurants     Cafés, bars     Brasseries     Débits de boissons	N	E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	E	Lampes assurant l'évacuation, allumées en permanence.
CAFÉS		IV	100*≤E≤1500	N	0	O/NP	E/P	E/NP	0	
HÔTELS	– Hôtels – Motels – Pensions de famille	0	20 ≤ E ≤ 100*	0	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	Au moins 2 blocs d'éclairage d'ambiance par salle ou par hall. L'éclairage de sécurité est asservi à l'alarme incendie. Autonomie de 6 h par une source centralisée sans groupe électrogène, 1 h dans les autres cas.
			E ≥ 100*	0	O/NP	O/NP	E/NP	E/NP	0	
HÔTELS RESTAURANTS	venicules de secours	OA	E < 100	N	0	E/P	E/P	E/P	E	Idem type 0 ou N en cas de locaux à sommeil Autonomie ou 12 h pour une source centralisée dans
D'ALTITUDE			E ≥ 100	N	0	0/P	E/P	E/P	0	volume sommeil.
SALLES	<ul> <li>Salles de jeux</li> <li>Salles de danse</li> </ul>		E < 100*	N	0	E/NP	E/NP	E/NP	E	Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est gênant pour l'e
DES FÊTES	<ul><li>Discothèques</li><li>Bals</li></ul>	P	100* ≤ E ≤ 700	N	0	O/NP	E	E/NP	0	ploitation, il est admis qu'il soit réalisé en non permanen
	- Dancings		E > 700	N	N	N	0	0/P	0	
ÉTABLISSEMENTS DE PLEIN AIR	Terrain de sport     Stades     Piscines     Pistes de patinage	PA	-	N	0	0	E	E	0	Utiliser le matériel de l'IP imposé par le local.
PARKINGS COUVERTS	- Dans les parkings et leurs dégagements	PS	-	N	0	-	E	-	-	Placer des blocs en partie haute, d'autres en partie bas (moins de 50 cm du sol).
	<ul> <li>Établissements d'enseignement public ou privé, internats</li> </ul>		E < 100*	0	0	E/NP	E/NP	E/NP	0	BAEH si existence de locaux à sommeil
ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT		R	E ≥ 100*	0	0	O/NP	E/NP	E/NP	0	Autonomie de 6 h pour une source centralisée sans grou électrogène 1 h dans les autres cas. Groupe électrogène obligatoire si E > 100
BIBLIOTHÈQUES	Bibliothèques	S	E < 100*	N	0	E/NP	E/NP	E/NP	E	_
DIBLIUINEQUES	- Centres de documentation, archives	3	E ≥ 100*	N	0	O/NP	É	E/NP	0	

Lége					ÉCLAIRAGE		TONOMES (ES)		NTATION LE (LSC)		
ÉTABI	DLISSEMENTS	LOCAUX CONCERNÉS	ТҮРЕ	CATÉGORIE (Effectif) E	DE REMPLACE- MENT (BAEH)	Evacuation I ou F 45 Im pen- dant 1 h minimum	ou	Evacuation 1 ou F 45 Im pen- dant 1 h minimum	ou	TÉLÉCOM- MANDE	OBSERVATIONS DÉROGATIONS
Idesc				E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	E	
B HALL	LS ET SALLES EXPOSITION	- Salle d'exposition à vocation commerciale	Т	100* ≤ E ≤ 700	N	0	0/P	Е	E/P	0	Dans tous les cas, pour les stands à étages ou couverts convient d'utiliser des BAES
				E > 700	N	N	N	0	0	0	
	LISSEMENTS	– Hôpitaux – Cliniques – Crèches	U	E < 100*	0	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	Е	Autonomie de 6 h pour une source centralisée sans gro
	ANITAIRES	- Établissements sanitaires publics ou pri- vés		E ≥ 100*	0	0	O/NP	E	E/NP	0	électrogène, 1 h dans tous les autres cas.
	BLISSEMENTS	– Ets de divers cultes – Églises – Synagogues	v	E < 100*	N	0	E	E	E	E	Éclairage d'ambiance soumis à l'appréciation de la comi
0	DE CULTE	- Synagogues - Mosquées - Cryptes		E ≥ 100*	N	0	E	E	E	E	sion de sécurité (pas d'obligation).
	BANQUES	- Banques, administrations privées ou	w	E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	E	_
ADMI	INISTRATIONS	publiques		E ≥ 100*	N	0	O/NP	E	E/NP	0	
ÉTAB	BLISSEMENTS	FS transformables ou mixtes, salles polyva-		E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	0	À l'exception des salles polyvalentes à dominante spor l'éclairage d'ambiance est installé dans les zones réser aux spectateurs et dans les zones de circulation. Dans le
S	SPORTIFS COUVERTS		X SG	E ≥ 100*	N	0	0/P	E	E/NP	0	où il y a sport de balle (ou ballon), les éclairages doiv être protégés par une grille.
			30	-		0		E			Mêmes règles que pour les établissements type X
1	MUSÉES	- Publics ou privés	Y	E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	E	-
				E ≥ 100*	N	0	O/NP	E	E/NP	0	
CHA	APITEAUX ET TENTES	- Structures itinérantes - Tentes	CTS	E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	Е	L'armoire de sécurité doit être à 2 m minimum de t autre installation électrique.
		- lentes		E ≥ 100*	N	0	O/NP	E	E/NP	0	,
ÉTAB S C CHA ÉTAB FL	BLISSEMENTS LOTTANTS	- Bateaux stationnaires ou en stationnement	EF	-	N	0	E	-	-	-	Éclairage d'ambiance pour les abords. Autonomie de ramenée à 6 h pour les navires de jauge brute < 500
	GARES	- Souterraines - Aériennes	GA	E < 100*	N	0	E/NP	E	E/NP	E	Type D autorisé si E < * Gares mixtes : mêmes dispositions suivant les parties
	UNITED	- Mixtes	UA.	E ≥ 100*	N	0	O/NP	E	E/NP	0	terraines ou aériennes.
USIN	IES ATELIERS	Tout établissement assujetti à la législation		E < 100*	N	0	E	E	E	E	100
E		du travail	_	E ≥ 100*	N	0	0	E	E	0	100 personnes avec plus 1 personne/10 m <sup>2</sup>
RE	EFUGES DE MONTAGNE	-	REF	-	N	0	-	-	-	-	L'éclairage d'évacuation peut être réalisé par des lam portatives.
CI	HANTIERS	_	-	-	N	0	-	-	-	-	Prévoir une lampe portative pour effectuer les manœu de sécurité et de vérification.
C	CAMPINGS	– Camping – Stationnement de caravanes	-	-	N	0	-	-	-	-	Le bloc à phares halogènes orientable associé aux E constitue une solution idéale par l'éclairage de sécurité
	MMEUBLES HABITATION	<ul> <li>Dans les cages d'escaliers et couloirs obs- curs</li> </ul>	-	-	N	0	-	E	-	-	Bâtiment de plus de 3 étages.

# 10.3. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ

# 10.3.1. ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION

(D'après LEGRAND)

Le nouveau règlement de sécurité ne définit plus qu'un seul type d'éclairage de sécurité.

#### · L'éclairage

- L'éclairage d'un bâtiment de type ERP comprend :
  - L'éclairage normal qui permet l'exploitation du bâtiment.
- L'éclairage de remplacement qui reprend tout ou partie de l'éclairage normal dans le but de continuer une exploitation de bâtiment en cas de disparition de l'éclairage normal (exemple : groupe Électrogène).
- L'éclairage de sécurité est indépendant des deux types d'éclairage ci-dessus qui doit permettre l'évacuation sûre et rapide, en cas de besoin, des personnes.
- Le public n'est admis qu'en présence de l'alimentation normale ou de remplacement.

#### · L'éclairage de sécurité

- Les règles particulières précisent les modalités d'application en fonction :
  - des types d'établissements (nature d'exploitation)
  - des catégories (effectif)
- Les installations sont réalisées soit par blocs autonomes, soit par sources centralisées constituées de batteries d'accumulateurs alimentant les luminaires de sécurité.
- L'allumage de l'éclairage de sécurité doit être automatique en cas de défaillance de l'éclairage normal, (ou de l'éclairage de remplacement quand il existe). L'autonomie de l'éclairage de sécurité doit être d'au moins 1 heure.

#### • Les deux fonctions de l'éclairage de sécurité :

- 1) L'éclairage d'évacuation (appelé auparavant balisage) permet à toute personne d'accéder à l'extérieur en éclairant :
- Les cheminements,
- Les sorties.
- Les signalisations,
- Les obstacles et les changements de direction.
- 2) L'éclairage d'ambiance ou antipanique destinés aux locaux recevant un grand nombre de personnes. Il assure un éclairage uniforme sur toute la surface d'un local pour permettre une bonne visibilité et éviter toute panique.



#### 10.3.2. CONCEPTION D'UNE INSTALLATION

- · Éclairage d'évacuation ou de balisage.
- Emplacements des blocs d'éclairage :
  - au-dessus de chaque issue de secours
  - à chaque changement de direction,
  - à chaque obstacle de changement de niveau,
  - tous les 15 mètres, le long des dégagements
- La signalisation de balisage est fixée sur le luminaire si elle est transparente ou à proximité si elle est opaque.
- Les luminaires d'éclairage d'évacuation doivent éclairer même en présence de l'éclairage normal :
  - lampe veilleuse pour les BAES,
  - lampe allumée pour les luminaires sur source centralisée.
- Le flux lumineux en fonctionnement doit être supérieur à 45 lumens pendant 1 heure minimum
- L'éclairage d'évacuation peut être réalisé par des blocs autonomes conformes à la NF C 71-800/801 et admis à la marque NF-AEAS :
  - incandescents.
  - fluorescents non permanents SATI\*,
  - fluorescents de type permanent.
- L'éclairage d'évacuation peut être également réalisé par un système à source centralisée dont les lampes sont alimentées à l'état de veille.

\* SATI : bloc autonome avec Système Autonome de Test Intégré.

Signalisation de balisage fixée sur le luminaire

NF-AFAS





Quand la configuration du local ne permet pas de fixer les blocs de façon classique (grand hali, aire de stockage, etc.), des blocs d'évacuation sont installés en partie haute et éclairent les cheminements et la signalisation de sécurité.

#### · Éclairage d'ambiance ou anti-panique.

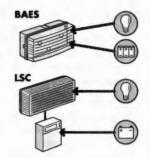
- Cet éclairage s'installe dans les locaux ou dégagements dont l'effectif atteint 100 personnes (ou 50 personnes en sous-sol). Il est calculé sur la base de 5 lumens par m² de surface du local. La distance entre deux blocs ne doit pas dépasser quatre fois la hauteur d'installation.
- Il est réalisé par les blocs autonomes fluorescents non permanents conformes à la norme NFC 71-801 et admis à la marque NF AEAS ou par un système à source centralisée dont les lampes sont éteintes ou allumées en présence de l'éclairage normal.

#### · Deux Technologies possibles :

- Blocs Autonomes d'Éclairage de Sécurité (BAES) :
  - tous les composants, chargeur électronique, source lumineuse et accumulateurs sont intégrés dans le même produit.
  - ces blocs peuvent être SATI ou SATI-adressables, dans ce cas ils communiquent avec une centrale de contrôle.

#### - Installation à source centralisée qui est constituée :

- d'une source d'alimentation installée dans un local approprié,
- de Luminaire pour Source Centralisée (LSC)
- de canalisations de sécurité reliant les luminaires et la source centralisée.



#### · Évolution de la réglementation :

#### Lieux d'installation de l'éclairage par source centralisée

 Les sources centralisées doivent être installées dans un local spécifique de service électrique dont les parois sont coupe-feu 1 h.

#### Réalisation de l'installation

- Les luminaires d'évacuation sont allumés en permanence
- Les luminaires d'ambiance ou anti-panique peuvent être éteints en utilisation normale et ne s'allumer qu'en cas de disparition du secteur.

#### - Alimentations électriques de sécurité (AES)

- Pour les applications de sécurité réglementaires autres que l'éclairage de sécurité. Les alimentations doivent être de sécurité et conformes à la norme NFS61- 940.
- Modification des conditions d'installation des batteries selon l'article EL.8 § 2.

#### - Alimentations de remplacement dans les locaux à sommeil.

- Les établissements comportant des locaux à sommeil doivent être équipés d'une alimentation de remplacement (groupe électrogène) selon l'article EL4 § 4.
- Cette alimentation n'est pas obligatoire pour certains établissements dans la mesure où l'éclairage de sécurité répond à des conditions particulières.

#### Vérifications périodiques

- L'exploitant doit effectuer des vérifications périodiques de l'éclairage de sécurité selon l'article EC 14.
- Ces vérifications peuvent être assurées par des blocs SATI conformes à la norme NFC 71-820.
- En SATI adressable, toutes les formations sont disponibles en un seul point et imprimables pour insertion dans le registre
- Les vérifications peuvent être faites manuellement :
- Une fois par mois, l'exploitant doit couper l'alimentation et vérifier visuellement l'allumage des lampes.
- Tous les six mois, il doit couper l'alimentation et vérifier que l'autonomie d'une heure est toujours
- Pour les établissements avec période de fermeture, s'assurer que les blocs auront retrouvé leur
- Pour les établissements sans période de fermeture, éviter que deux blocs contigus soient testés au même moment, cette condition est remplie par l'utilisation de blocs SATI avec les tests décalés.

#### • autorisé • interdit

Les coffrets sont prévus pour une autonomie d'1h à puissance nominale. Si la puissance totale n'est pas utilisée, l'autonomie réelle est égale à :

Autonomie = puissance nominale x 60 min (min) puissance réelle consommée

(Calcul valable pour :

1 h  $\leq$  autonomie  $\leq$  72 h)



Produits Locaux	SSI alimentant 1 seul produit	Autres batteries de sécurité
Accessible public	•	•
Non public	•	•
Locaux élec. normaux	•	•
Locaux élec. Coupe-feu 1 h	•	•
Locaux élec. Coupe-feu 1 h porte 1/2 h	•	•

# 10.3.3. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR BLOCS AUTONOMES D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ (BAES)

#### · Installation et réglementation

#### - Raccordement.

- Pour chaque local, le raccordement des blocs doit s'effectuer entre la protection et l'interrupteur de commande de l'éclairage (voir ci-contre) normal du local. Dans le cas de local avec plusieurs circuits d'éclairage : le raccordement du (ou des) bloc (s) doit être pris sur le circuit du luminaire d'éclairage normal situé à proximité du (ou des) bloc(s) afin qu'en aucun cas une partie de la salle ne soit dans l'obscurité. Article EC 12 § 3

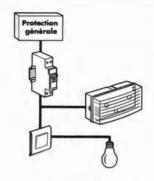
#### - Mise à l'état repos

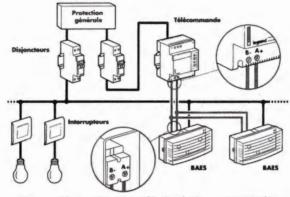
 Les BAES doivent posséder un dispositif de mise à l'état de repos depuis un point central. Article EC 12 § 6.

#### - La télécommande est obligatoire dans tous les établissements :

- Son rôle est de mettre les blocs au repos après la disparition du secteur d'alimentation. Les coupures du secteur entraînent une décharge des blocs et une usure prématurée des composants. Des consignes d'exploitation doivent être données à la dernière

personne qui quitte l'établissement, elles peuvent aussi être affichées à proximité de l'interrupteur de coupure générale.

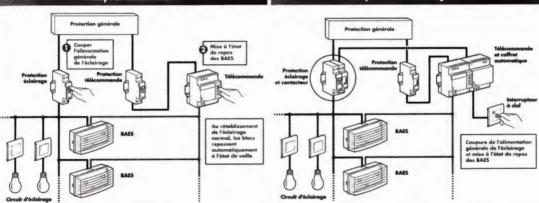




Les polarités A+ et B- doivent être impérativement respectées pour raccorder le coffret aux BAES de l'installation

#### Principe de fonctionnement

#### 2 opérations en un seul geste



La télécommande met les BAES au repos après la disparition du courant du secteur L'installation du coffret automatique permet en un seul geste la coupure du secteur et la mise au repos des blocs d'éclairage de sécurité

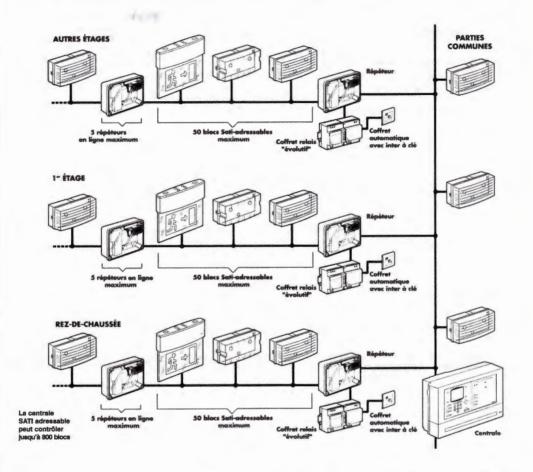
#### Choix des câbles

Les câbles et les conducteurs alimentant les blocs autonomes d'éclairage de sécurité sont de catégorie C2 (utilisés normalement pour une installation électrique) § 10.3.7.

# 10.3.4. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR BLOCS AUTONOMES D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ BAES SATI ADRESSABLE

La technologie SATI adressable permet la surveillance en permanence d'une installation sur un écran, par une seule personne

- Installation
- Exemple d'installation d'un établissement à plusieurs secteurs d'exploitation.



#### - Centrale



Elle se câble sur le secteur 230 V~ et sur la ligne de télécommande (2 fils). Pour une installation plus importante, possibilité de regrouper plusieurs centrales sur un ordinateur équipé du logiciel et relié par un cordon RS 485. Une centrale contrôle jusqu'à 800 blocs reliés à 15 répéteurs maximum

#### - Blocs SATI adressables

L'installation des blocs adressables se fait comme une installation de BAES classique. La ligne de télécommande permet la commande à distance du bloc et aussi son adressage et son contrôle.



Le bloc doit être repéré sur site par une étiquette

#### - Etiquettes de signalisation

Positionnement en face avant uniquement :

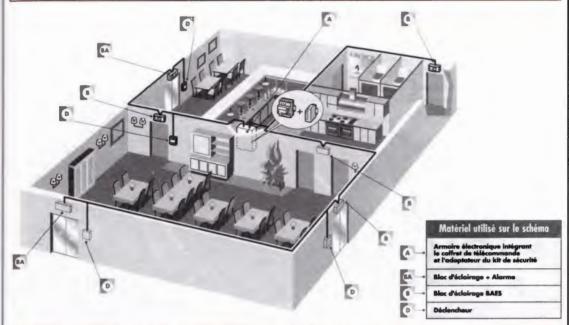






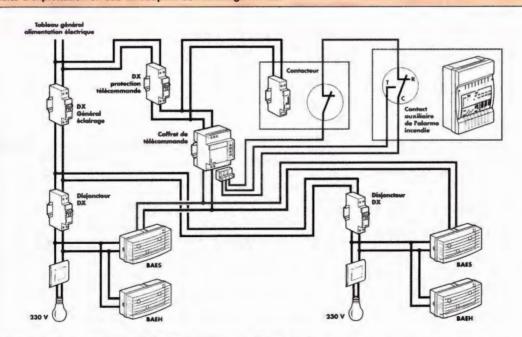
- Exemple d'installation d'un restaurant de moins de 200 personnes.

Pour les petits et moyens établissements la technologie SATI satisfait aux besoins de simplicité des installations et de la maintenance



- Exemple d'installation d'un établissement comportant des locaux à sommeil.

Quand l'établissement n'est pas équipé de groupe électrogène de remplacement, la nouvelle réglementation impose que l'installation d'éclairage de sécurité soit complétée par des BAEH qui permettent d'assurer la continuité d'exploitation en cas de coupure de l'éclairage normal

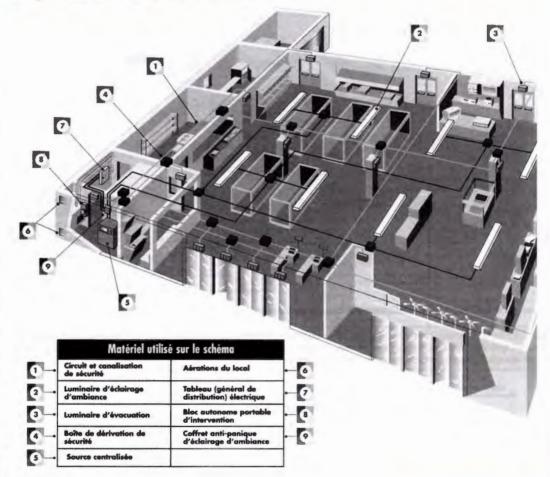


- L'installation est complétée par des BAEH conformes à la norme NFC71-805 couplés à chaque BAES, ceux-ci étant automatiquement mis au repos lors d'une coupure secteur pour conserver leur autonomie.
- L'allumage des BAES est piloté par le déclenchement de l'alarme incendie.

# 10.3.5. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ À SOURCE CENTRALISÉE

Obligatoire dans certains grands établissements, ce type d'installation est constitué de luminaires (LSC)\*, d'une source d'alimentation centralisée, de circuits de sécurité répondant aux exigences des nouvelles normes





#### Règles d'installation

#### - Source centralisée

Son autonomie doit être de 1 h (dans le cas des établissements comportant des locaux à sommeil sans éclairage de remplacement, l'autonomie de la source centralisée doit être de 6 heures minimum). Elle doit être équipée d'un tableau de sécurité regroupant les fonctions protection, commande et signalisation des circuits de sécurité et complétée éventuellement par un coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance. Elle doit être installée dans un local de service électrique coupe-feu 1 h, avec des portes coupe-feu 30 min.

#### - Local

- Il doit être ventilé dans les conditions de la norme NFC15-100.
- Il doit disposer d'un éclairage de sécurité fixe pour assurer l'évacuation et d'un bloc autonome portable d'intervention permettant d'effectuer des manœuvres de sécurité.

#### - Circuit de canalisation de sécurité.

- Chaque local est alimenté respectivement, pour l'éclairage d'évacuation et pour l'éclairage d'ambiance, par au moins deux circuits distincts suivant des cheminements différents. Les circuits alimentent les luminaires en alternance, afin d'assurer un minimum d'éclairage, même en cas de défaillance de l'un d'entre eux.

#### Utilisation du coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance

Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est éteint en présence de l'alimentation normale, le tableau de sécurité est complété par un coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance. Ce coffret peut être installé dans le circuit pour alimenter les luminaires d'ambiance en cas de disparition de l'éclairage normal. La détection de l'alimentation de l'éclairage normal doit être assurée par un nombre suffisant de points de détection (une détection par salle). Article EC 11 § 3.

\* LSC : Luminaires plastiques, tôle-verre ou verre-métal.

# 10.3.6. EXEMPLE DE CALCUL D'UNE INSTALLATION D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR SOURCE CENTRALISÉE

DÉMARCHE

TYPE DE LOCAL

L'implantation des luminaires répond à des règles simples, qui permettent de calculer facilement la puissance d'une source centralisée.

#### - Exemple d'installation :

Supermarché de 1 500 m² (30 m x 50 m); hauteur 3.5 m; pouvant contenir plus de 700 personnes.

Le tableau § 10.2.2 donne un Établissement Recevant du Public (ERP) de type M. Pour plus de 700 personnes la réglementation impose une source centralisée délivrée par une armoire d'énergie (Autonomie 1 heure). Les luminaires d'évacuation et d'ambiance de type LSC peuvent être à fluorescence ou à luminescence.

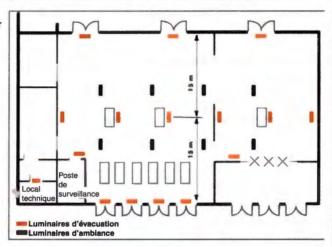
#### - Rèales :

- Pour l'éclairage d'évacuation : il est obligatoire au dessus des sorties et dans les dégagements. Chaque changement de direction, obstacles et sorties doivent être indiqués avec des étiquettes de signalisation et si deux blocs successifs sont éloignés de plus de 15 m, il faut intercaler un bloc supplé-
- Pour l'éclairage d'ambiance : il faut un flux lumineux de 5 lumens/m² de surface au sol.

#### - Schéma d'implantation :

- Nombre de luminaires pour l'évacuation :

TOTAL	16
Blocs supplémentaires pour distance supérieure à 15 m	6
Dans le local technique	1
À chaque obstacle	2
À chaque issue	7



#### - Puissance du circuit d'évacuation :

Les luminaires fluorescents seront préférés aux luminaires incandescents pour une plus grande durée de vie des tubes et pour une diminution sensible de la puissance consommée et par conséquent une diminution de la puissance de la source centralisée.

Puissance du circuit d'évacuation = 16 x 5 = 80 W (5 W par luminaire alimenté sous 48 V redressés)

#### - Puissance du circuit d'ambiance :

Des réglettes fluorescentes de 18 W sous 48 V redressés couvrant une surface de 196 m² (5 lumens/m²) seront préférées à des réglettes luminescentes pour les mêmes raisons que pour l'éclairage d'évacuation.

Nombre de luminaires : (1 500 m<sup>2</sup> de surface totale)/(196 m<sup>2</sup> de surface couverte par luminaire) = 7.65

soit 8 luminaires de 20 W.

Puissance du circuit d'ambiance = 8 x 20 = 160 W.

#### - Calcul de la puissance de la source centralisée :

Puissance totale des circuits de sécurité = 80 + 160 = 240 W.

Puissance minimale de la source centralisée (majoration de 30 %)

 $240 + (0.3 \times 240) = 312 W.$ 

- Choix de la source centralisée (D'après catalogue LEGRAND): 430 W (Valeur normalisée)

#### 48 V redressés

La tension de la source centralisée doit être choisie afin d'optimiser la section des câbles en fonction de la chute de tension.

Les lampes d'éclairage d'ambiance peuvent être éteintes en état de veille (secteur présent)

Type:	Lampes si secteur :				
туре:	Présent	Absent			
Évacuation	Allumées	Allumées			
Ambiance	Allumées ou éteintes	Allumées			

CALCUL DE LA PUISSANCE D'ÉVACUATION

**IMPLANTATION ET NOMBRE DE** LUMINAIRES POUR L'ÉVACUATION

CALCUL DE LA PUISSANCE D'AMBIANCE

CALCUL DE LA SOURCE CENTRALISÉE

CHOIX DE LA SOURCE CENTRALISÉE

# 10.3.7. CHOIX DU MATÉRIEL ET DES CÂBLES DANS LES E.R.P.

_	Types de Câbles		5									
	Établissement	IP – IK	P	$\overline{}$			T	D.	V-U N	Conducteurs isolés sous		
	recevant du public	du matériel	5 W	3	R	8	0 R	RN-F	E XX	conduits (1)		
.1	Structure d'accueil pour personnes âgées		FR-N05 W-U	FR-N05 VL2V	J-1000 RGPFV	U-1000 RVPV	U 1 000 R2V	H07	Isolant minéral U-500 X, XV-U 1 000 V, XV	IRL, ICA, ICTL, ICTA		
_	et personnes handicapées.		ш	Ē	⇒	Þ	>		≅ 7 _			
	Salles d'audition de conférences, de réunions, de spectacles aux usages multiples :										Autorisé	
L	Salles (2)	20-02-20-02	•	•							• Interdit.	
-	Cages de scène	20-08	•	•				•	•	•	1 L'interdiction peut être levée si le	
Н	Magasins de décors	20-06 20-07	•	•	•	•	•	•	•	•	constructeur justifie	
-	Locaux des perruquiers et des cordonniers	20-07	٠	•	•		•	•	•	•	pour ses produits d'un IP suffisant.	
м	Magasins de vente, centres commerciaux : Locaux de vente 20											
	Stockage et manipulation de matériel d'emballages	20-08									2 Le dégré IP 20 - IK 07 est nécessaire	
N	Restaurant et débits de boissons	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	si l'appareil peut être	
0	Hôtels et pensions de famille :										exposé à des chocs.	
U	Chambres	20-02									Admis si le risque	
P	Salles de danse et salles de jeux	20-07	•	•	•	•	•	•	•	•	mécanique est infé-	
	Établissements d'enseignement, colonies										rieur à IP XX5.	
R	de vacances :	00.00									Autorisé seule- ment en dehors	
Н	Salles d'enseignement Dortoirs	20-02 20-Q7	:	:	•		•	•	•		des zones à risque	
s	Bibliothèques, centres de documentation	20-02				•		•			d'exposition (article 522 de la	
Ť	Expositions										NFC 15-100).	
т	Halls et salles	20-02										
	Locaux de réception des matériels et marchandises	20-08							•			
	Établissements sanitaires :		•	•	•	•	•	•	•	•		
	Chambres	20-102										
Н	Incinération	20-07, 20-08	<b>a</b>	<b>a</b>					•	<b>a</b>		
U	Bloc opératoire	20-07	•	•	<b>6</b>	1	<b>6</b>	0	<b>6</b>	•		
	Stérilisation centralisée	24-02, 24-07	•		•	•	•	•	٠	•		
	Pharmacies et laboratoires, avec plus de 10 L de liquides inflammables	21-02, 23-07	•	•	•	•	•	•	•	•		
٧	Établissements de cultes	20-02	•	•	•		•	•		•	Autorisé	
w	Administrations, banques	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	• Interdit.	
	Établissements sportifs couverts :										1 L'interdiction peut	
X	Salles (3)	21,07, 21-08	©	©	•	•	•	•	•	· ©	être levée si le	
	Locaux contenant des installations frigorifiques	21-08	•	•	•	•	•	•	•	•	constructeur justifie pour ses produits	
Y	Musées	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	d'un IP suffisant.	
СТ	Chapiteaux et tentes	44-08	•	•	•	•	•	•	•	•	3 Le degré IP 21 -	
PA	Établissements de plein air (4)	23-08, 24-08, 25-08	•	•	•	•	•	•	•	•	IK 08 est nécessaire pour les jeux avec	
	Parcs de stationnement couverts Locaux communs aux établissements recevant du public :	21-07, 21-10	•	•	•	•	•	•	•	•	balles ou ballons.  4 Pour les luminaires,	
	Dépôts, réserve	20-08	•	•			•	•		•	I'IP 24 – IK 08 est suf- fisant.	
	Locaux d'emballage	20-08	•	•	•	•	•	•	•	•	5 Voir guide spécialisé	
PS	Locaux archives	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	UTE C 15-103.	
	Stockage de films et supports magnétiques	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	6 Le degré IP 21 -	
	Lingeries	21-02	•	•	•	•	•	•	•	•	IK 10 est nécessaire	
	Blanchisseries	24-07	•	•	•			•	•	•	pour les emplace- ments situés à moins	
	Ateliers divers	21-07, 21-08	•	•	•		•	•	•	•	de 1,50 m du sol.	
22	Cuisines (grandes) (5)	21-07, 21-08	•	•	•		•		•	•	© Autorisé seulement	
5G	Structures gonflables (6)	44-08	•	•	•	•	•	•	•	•	aux emplacements où il n'y a pas de	
GA	Gares aériennes, souterraines ou mixtes sans handicapés Avec handicapés					-		$\vdash$			risques mécaniques.	
				-								
UA	Hôtels, restaurants d'altitude			_								
EF	Établissements flottants avec locaux à sommeil Établissement flottants sans locaux à sommeil			H		-						
			-	-	-	$\vdash$						
REF	Refuges											

# 10.4.1. ÉTAPES DE LA SÉCURITÉ INCENDIE

#### • Un système sécurité incendie (SSI) permet de :

- collecter et signaler les informations relatives à l'incendie,
- effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité des personnes et du bâtiment.
- Le SSI est complété par les dispositifs de coupure d'urgence qui vont faciliter l'intervention des secours.

Les étapes	Pour le public	Pour le bâtiment
DÉTECTER	Détecter le feu au plus tôt et signaler sa localisation au personnel de surveillance.	Détecter le feu au plus tôt avant les dégâts.
METTRE EN SÉCURITÉ	Informer par : • des signaux visuels et sonores audibles en tous points de l'établissement ;	
ÉVACUER	de l'éclairage de sécurité, (complément indispensable au dispositif d'alarme) permettant de guider les personnes.	
COMPARTIMENTER	Limiter la propagation du feu, des fumées et faciliter l'évacuation.	Limiter les dégâts à la zone concernée.
DÉSENFUMER	Protéger les personnes des fumées et faciliter l'évacuation.	Limiter les dégâts.
INTERVENIR	Favoriser l'intervention des secours.  • Signaler la localisation du feu et l'état des organes de mise  • Mettre à disposition des organes de commandes pour lin fumées.  • Permettre la coupure des circuits électriques :  — pour éviter les courts-circuits ;  — pour éviter les risques d'explosion ;  — pour protéger les services de secours.	

#### Composition d'un SSI

- Le SSI se compose de l'ensemble des matériels servant à collecter les informations, les ordres, liés à la seule sécurité incendie (ceci ne concerne pas les BAES\*).
- Il permet de traiter et d'effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité du bâtiment.

#### • Comment déterminer les catégories de SSI.

 Les catégories de SSI (A, B, C, D, E) sont déterminées en fonction du niveau de risque calculé par rapport au type d'établissement et sa catégorie.

Le type d'équipement d'alarme (1, 2a, 2b, 3, 4) correspond à la catégorie de SSI.

À travers ce schéma vous retrouverez synthétiquement ce qui vient d'être expliqué.

\* BAES : Bloc Autonome d'Éclairage de Sécurité

#### Catégorie de SSI



Type d'équipement d'alarme correspondant à la catégorie de SSI

Type 2b 2b 2a 1

# Coupure d'urgence

- C'est la possibilité, dans un temps très court, de couper en charge tous les conducteurs actifs d'un circuit électrique.
- Il ne faut pas confondre avec l'arrêt d'urgence dont l'objectif et d'arrêter un mouvement, ce qui n'implique pas forcément la coupure d'un circuit électrique.

# 10.4.2. DÉTECTION D'UN INCENDIE

#### • DÉTECTEURS AUTOMATIQUES ET DÉCLENCHEURS MANUELS

- Afin de détecter les premiers signes d'incendie, 3 solutions sont possibles pour limiter les risques de propagation du feu : le détecteur de fumée, le détecteur de température, le déclencheur manuel. Pour que votre installation réponde aux conditions maximales de sécurité, *LEGRAND* vous conseille sur les règles d'implantation des détecteurs à suivre.

#### - Détecter les solutions

La détection est assurée par des moyens automatiques (détecteurs) ou manuels (déclencheurs)

#### - Détecteur optique de fumée

• Il est sensible de par son principe



(détection de particules) à tous les types de fumées et d'aérosols. Il n'est pas sensible au feu sans fumée (feu d'alcool).

- Il permet la détection rapide d'un début d'incendie avant la formation de flamme. Il s'emploie dans les endroits où il n'y a pas de fumée d'exploitation, en fonctionnement normal du local.
- Il assure une protection sur une surface moyenne de : 60 m², hauteur 4 m.
   Sa température d'utilisation oscille de 20 °C à + 50 °C.
- Son bon fonctionnement est entravé par des éléments perturbants tels que :
- le développement intense et soudain de poussières ;
- un dispositif de cuisson;
- la vapeur d'eau.

Dans les circulations installer un détecteur à 5 m maximum de chaque extrémité puis respecter un intervalle de 10 m maximum entre chaque détecteur.

#### - Détecteur thermovélocimétrique

 Il réagit à un seuil de température atteint à un temps donné, suivant la vites



- se d'élévation de la température.
- If assure une protection sur une surface moyenne de: 30 m², hauteur 4 m.
- Il transmet l'alarme dès que la température dépasse un seuil fixé (60 °C).
- Sa température d'utilisation oscille de – 20 °C à + 50 °C.
- Son bon fonctionnement est entravé par des éléments perturbants tels que :
- une température ambiante > à 50 °C;
   une chambre frigorifique, des

locaux en partie ouverts.

Dans les circulations installer un détecteur à 5 m maximum de chaque extrémité puis respecter un intervalle de 10 m maximum entre chaque détecteur

#### - Déclencheur manuel

- Il permet de déclencher l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret.
- · Les déclencheurs manuels doivent

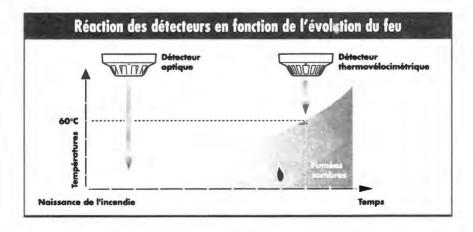


être placés à chaque étage à proximité de chaque escalier et au rez-de-chaussée, à proximité de chaque issue.

Conforme à la norme européenne EN 54-11

#### Recyclage

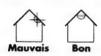
 Le recyclage est nécessaire tous les quatre ans pour les détecteurs installés dans une ambiance saine.
 Cette durée est à réduire suivant l'environnement des détecteurs. Les détecteurs usagés sont à retourner par l'installateur au distributeur.



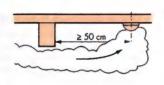
#### · Implantation des détecteurs

#### Les principes

Placer impérativement les détecteurs aux endroits où la chaleur et la fumée se concentrent le plus vite.



En position verticale, à l'endroit le plus élevé possible. Les poutres gênent la propagation de la fumée. La distance minimale entre poutre et détecteur doit être > 0.50 m.



Tenir compte de la hauteur de la poutre par rapport à la hauteur du local.



Si  $H = 2.5 \, \text{m}$ 

 $h \ge 0.75$  m ou H = 3  $h \ge 0.9$  m, installer un détecteur entre chaque poutre.

# Précautions à prendre vis-à-vis des flux d'air

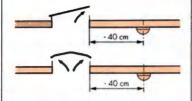
Implanter les détecteurs à l'écart des courants d'air.



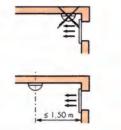


#### Ventilation par le plafond

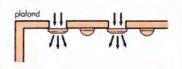
Implanter les détecteurs à proximité des bouches d'évacuations, dans la mesure où la répartition des ouvertures de ventilation, la surface de surveillance et la distance maxi entre détecteurs le permettent.



Locaux ventilés : Arrivées d'air



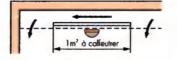
Les détecteurs ne doivent pas être implantés dans le courant d'arrivée d'air des installations de ventilation ou de climatisation. Implanter les détecteurs à 1.5 m minimum de l'entrée d'air.



Implanter les détecteurs entre les ouvertures d'air.

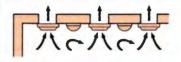
Ouvertures d'air ponctuelles :

Installer un calfeutrage au-dessus du détecteur.

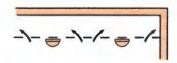


#### Locaux ventilés : Sorties d'air

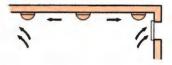
Sorties d'air ponctuelles ; implanter les détecteurs dans la zone de turbulence.



Sorties d'air réparties : implanter les détecteurs entre les évacuations.



Sorties d'air dans la paroi : implanter au moins un détecteur devant la sortie.



#### Sources de chaleur

Ne jamais implanter un détecteur près d'une source de chaleur (lampe, four).



#### Faux plafonds

Détecteurs non visibles (faux plafonds, combles,...) : installer un indicateur d'action.



#### Cages d'escaliers

- Dans les escaliers encloisonnés, pas de détection à prévoir, sauf spécification particulière du règlement ou de la commission de sécurité.
- Dans les escaliers non encloisonnés, les détecteurs des circulations doivent couvrir chaque palier, sinon implanter un détecteur pour chacun.

# 10.4.3. FONCTION MISE EN SÉCURITÉ

#### L'ÉVACUATION ET LE COMPARTIMENTAGE.

#### - L'évacuation.

- L'évacuation du public se fait par la diffusion d'un signal sonore et par la gestion des issues de l'établissement,
- Le dispositif d'évacuation informe le public des risques d'incendie, au moyen de signaux sonores, audibles en tout point de l'établissement et gère la décondamnation des issues du secours.

#### - Cas d'un établissement à plusieurs bâtiments.

- Si l'établissement comporte plusieurs bâtiments, l'équipement d'évacuation doit être indépendant pour chacun d'eux. Il faut implanter une centrale par bâtiment. Elles devront être du même type et chacune sous surveillance.
- Dans le cas d'une surveillance centralisée, utiliser des tableaux de report pour chaque centrale, regroupés au poste de garde après avis de l'organisme de contrôle.

#### - Alarme générale sélective (AGS)

- Une AGS est un signal d'alarme générale, différent du son (AFNOR NFS 32.001), et éventuellement lumineux, destiné à ne prévenir que certaines catégories de personnel d'un ERP (exemples : hôpitaux, maisons de retraite...), qui organiseront l'évacuation du public afin d'éviter les risques de panique.

pagation du son.

- Utiliser des diffuseurs sonores spécifiques :

#### - Surface couverte par un diffuseur sonore.

Référence	ces	415 04	415 08 406 37/38 406 40/57	415 14
	55	25	2 000	60 000 30 000
	60	15 4	700	20 000
	65		300	9 000
Niveau sonore	70		80 20	2 000
ambiant (dB)	75	-	15 10	500
	80	-	-	250
	85	-	-	60 25
	90	-/-	/-	25 15

- ☐ Surface couverte par le diffuseur sonore en champ libre (m²)
- ☐ Surface couverte par le diffuseur sonore avec cloisonnement (m²)

#### - La surface couverte par un diffuseur sonore dépend du niveau sonore des diffuseurs. du bruit ambiant, du cloisement et des obstacles gênant la pro-

Le tableau ci-contre permet de choisir le diffuseur en fonction du niveau sonore ambiant.

#### Unité de gestion d'alarme

L'unité de gestion d'alarme (UGA) met en œuvre l'alarme générale par les diffuseurs sonores (OS) ou les blocs autonomes d'alarme sonore (BAAS) après un délai de temporisation réglable de 0 à 5 min maximum

#### - Gestion des issues de secours.

- les portes des issues de secours sont libres d'ouverture, cependant leur verrouillage peut être autorisé après avis de la commission de sécurité (pour les magasins par exemple), en respectant:
- le verrouillage par dispositif électromagnétique conforme à la norme.
- le dispositif de commande manuelle équipée.
- le déverrouillage automatique par contact des centrales.

#### LE COMPARTIMENTAGE

- C'est la fonction qui évite la propagation du feu, de la chaleur et des fumées, durant un temps donné, en les contenant dans un espace défini par des éléments constructifs du bâtiment.
- Un compartiment est constitué de murs, planches, portes, etc. Il peut être traversé par un conduit de ventilation ou une circulation, des éléments spécifiques rétablissent alors sa continuité en cas de feux (clapet coupe-feu permettant l'obturation d'un conduit de ventilation, portes coupe-feu isolant une circulation).

#### - Recouper une circulation par porte pare-feu.

- Toute circulation horizontale encloisonnée de grande longueur (> 50 m) doit être recoupée tous les 25 à 30 m.
- Pour les établissements de type U, la circulation doit être recoupée au moins une fois, quelle que soit sa longueur.

#### - Portes à fermeture automatique.

- Les portes doivent être maintenues ouvertes par ventouses électromagnétiques dans les cas suivants :
- portes des escaliers encloisonnés des établissements de type R,
- cage d'escaliers traversée par une circulation et comportant de ce fait, 2 issues au même niveau.
- porte de recoupement des circulations des établissements de type U
- sinon les portes sont généralement maintenues fermées par des ferme-portes.

- Fermeture des portes sur l'ensemble du bâtiment ou par niveau.
- La fermeture automatique des portes se fait sur l'ensemble d'un bâtiment, sauf dans les établissements de type U, où elle se fait pour chaque niveau.
- Si pas de désenfumage utiliser les centrales et CMSI type 1, 2a, 2b, 3 et 4.
- En cas de désenfumage, ou si l'établissement est classé en type U, utiliser une centrale de type 1 ou 2a.
- Mode de fonctionnement des organes de compartimentage.
- Ils fonctionnent selon 2 modes : par émission ou par manque de tension. (Utiliser de préférence le mode à manque de tension.
- Contrôle de la position des organes de compartimentage.
- Assurer le contrôle de la position de sécurité d'un organe de compartimentage lorsque celui-ci est commun à 2 zones de compartimentage, cas rare (applicable pour les clapets de conduit de ventilation, du type interdalle)
- Câblage et signalisation de l'organe sur une ligne de mise en sécurité spécifique. Utiliser les CMSI.
- Types de centrales.
- Tous les types de centrales peuvent commander des organes de compartimentage.
- Le déclenchement des organes de compartimentage se fait sous temporisation.

#### • LE DÉSENFUMAGE

- Définition: C'est la fonction facilitant l'évacuation du public en lui permettant de mieux voir son chemin.
- Il limite les effets toxiques des fumées ainsi que leur potentiel calorifique et corrosif. Il peut être naturel ou mécanique ou une combinaison des deux.
- le nombre, la surface et l'emplacement des **organes de désenfumage** sont déterminés par un bureau d'études.

#### - Où désenfumer ?

- Dans les escaliers : dans ces endroits le désenfumage est naturel. L'exutoire est à commande manuelle, électrique, mécanique ou automatique, placée au niveau d'accès des secours.
- Pour une commande manuelle électrique, utiliser un coffret et une alimentation de sécurité.
- Dans les circulations horizontales encloisonnées (couloirs), le désenfumage est souvent combiné naturel et mécanique.
   Les ventilations de désenfumage sont commandées électriquement (CMSI).
- Dans les volumes (réserves, ateliers) le désenfumage est généralement naturel. Les exutoires sont pilotés par commande manuelle ou asservis à la détection incendie si elle existe.
- Niveaux à désenfumer.
- Le **désenfumage** en fait toujours par niveau, voire fraction de niveau, et peut être traité pour un local particulier.
- Lorsqu'un conduit de désenfumage est commun à plusieurs niveaux, le déclenchement à un niveau donné doit bloquer la commande automatique de désenfumage des autres niveaux (fonction verrouillage CMSI).
- Fonctionnement des organes de désenfumage.
- Les exutoires de fumés fonctionnent à manque de tension. Les autres dispositifs de désenfumage (volet sur conduit collectif, coffret de relayage...) fonctionnent obligatoirement à émission ou tension.
- Les organes de **désenfumage** peuvent être commandés uniquement par des **CMSI** associés à des **centrales** de **type 1 et 2a**.
- Coffret de nettoyage.
- Dispositif actionné de sécurité assurant l'interface entre un CMSI (TBT) et un ventilateur de désenfumage (BT).
- Les pompiers peuvent mettre à l'arrêt ou réarmer la ventilation à l'aide de coffrets spécifques ou placés à côté du CMSI.
- La ligne d'alimentations des ventilateurs doit être protégée uniquement contre les courts-circuits (protection magnétique).
- Contrôle de position des organes de désenfumage.
- Le contrôle de position d'attente et la position de sécurité est obligatoire pour les volets pour conduits collectifs, les exutoires pour escaliers mis en surpression mécanique, les coffrets de relayage (signalisation spécifiques par voyants sur le CMSI qui doit distinguer la fonction soufflage de l'extraction.

#### • LES ASSERVISSEMENTS TECHNIQUES, LE ZONAGE ET LES AES (ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SÉCURITÉ)

#### - Asservissements techniques :

- En complément des dispositions de mise en sécurité, il faut pouvoir commander certains asservissements techniques par le CMSI, pour éviter leur influence sur l'évolution d'un sinistre; les 2 principaux sont :
- non arrêt ascenseur à l'étage sinistré : c'est une sous-fonction du compartimentage, par une liaison surveillée (ligne par exemple), le CMSI envoie des commandes (1 par niveau) vers la gestion d'ascenseurs pour que ce dernier ne puisse pas s'arrêter à l'étage en feu,
- arrêt ventilation/climatisation: c'est une sous-fonction du désenfumage, par une liaison non surveillée (contact par exemple), le CMSI envoie une commande générale d'arrêt d'alimentation de la ventilation/climatisation pour éviter des arrivées d'air dangereuses pour l'évolution du feu.

#### - Zonage :

Les zones de mise en sécurité sont organisées géographiquement et doivent respecter la règle suivante, traduisant l'inclusion des zones de désenfumage ZF à l'intérieur des zones de compartimentage ZC, et des ZC à l'intérieur des zones de diffusion d'alarme ZA.

zones de diffusion d'alarme ZA.	1er étage	ZF3	ZF4	Z
ZF < ZC < ZA	Rez-de- chaussée	ZF1	ZF2	z

ZA = ensemble du bâtiment

ZC = ensemble du bâtiment ou 1 niveau si type « U »

ZF = 1 niveau ou fraction de niveau

#### - Alimentations Électriques de Sécurité (A.E.S) :

- La réponse aux nouvelles exigences du Règlement de Sécurité pour l'alimentation :
  - du CMSI :
  - des D.A.S. à émission :
  - des D.A.S. à rupture ;
  - de la détection incendie ;
  - des diffuseurs sonores de votre système de sécurité incendie.
- \* Article EL 12 du règlement de sécurité.
- Une nouvelle gamme d'AES conformes à la norme NF S 61-940.
- La solution également pour l'alimentation des installations de sécurité du bâtiment (comme définies dans l'article EL 3 du Règlement de Sécurité contre l'incendie dans les **ERP**).
  - toutes les installations du Système de Sécurité Incendie (détection, diffuseurs sonores,...);
  - les ascenseurs devant être utilisés en cas d'incendie.
  - les secours en eau (surpresseurs d'incendie, pompes de réalimentation en eau, les compresseurs d'air des systèmes d'extinction automatique à eau,... etc.);
  - les pompes d'exhaure ;
  - d'autres équipements de sécurité spécifiques de l'établissement considéré à condition qu'ils concourent à la sécurité contre les risques d'incendie et de panique ;
  - les moyens de communication destinés à donner l'alerte interne et externe.

2e étage	ZF5	ZF6	ZC3	
1 <sup>er</sup> étage	ZF3	ZF4	ZC2	ZA
Rez-de- chaussée	ZF1	ZF2	ZC1	

Cusmola d'aveculantian de

A.E.S.	27 V = 5 W	Petits systèmes de mise en sécurité		
A.E.S. régulées	27 V = 20 W	Systèmes		
	27 V = 50 W	de sécurité		
	27 V = 90 W	incendie collectifs ou		
	27 V = 130W	adressables		



Les AES : des solutions pour répondre aux exigences du Règlement de Sécurité

# - les moyens de communication destines à donner l'alerte interne et externe

#### \* LES RENVOIS CORRESPONDENT AUX ARTICLES DU NOUVEAU RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ DES ERP.

Conformément à l'article EL 12 du Règlement de Sécurité contre l'incendie dans les **ERP** (décret de Novembre 2001), les installations de sécurité visées à l'article EL 3 doivent être alimentées par une alimentation électrique de sécurité [AES] conforme à la norme NF S 61-940.

Configurables en rack 19" avec accessoires

- pour AES 20 et 50 W
- pour AES 90 et 130 W

# 10.4.4. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 1 (CATÉGORIE DE SSI A)

L'alarme type 1 est la configuration maximale d'un système de sécurité incendie. Elle inclut la détection automatique et la mise en sécurité

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement

correspondant à l'alarme incendie type 1

#### · INSTALLATION.

### - Fonction détection SDI :

- Le système de détection incendie (SDI) est composé de :
  - détecteurs automatiques, optiques et thermovélocimétrique.
  - déclencheurs manuels.
  - un élément de commande et de signalisation (ECS) gérant les informations par les détecteurs et les déclencheurs.

## - Fonctions de mise en sécurité CMSI :

Le centralisateur de mise en sécurité incendie (CMS) est composé de 3 sous-fonctions :

- l'unité de gestion d'alarme (UGA) gérant l'évacuation (pilotage des diffuseurs sonores et temporisations associées);
- l'unité de signalisation (Ú.S.) composée de voyants et d'un buzzer indiquant les changements d'états des lignes de mise en sécurité;
- l'unité de commande manuelle centralisée (UCMC) permettant la commande manuelle des lignes de mise en sécurité (compartimentage, désenfumage). Le CMSI peut également

déclencher automatiquement les lignes de mise en sécurité sur ordre du SDI.



## · RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation

#### - Tableaux ESC + CMSI :



Les tableaux doivent être installés à un emplacement non accessible au public et surveillé pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Ils doivent être visibles du personnel

de surveillance et ses organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

## Déclencheurs manuels : Implantation.



Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations, à chaque niveau, à proximité immédiate de chaque escalier, au

rez-de-chaussée à proximité des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m (1) au-dessus du sol.

### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en parallèle sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une boucle. Équiper les déclencheurs manuels d'une résistance de  $750 \Omega$ . Une résistance de  $3.3 \ \mathrm{k}\Omega$  sera placée sur le der-

nier déclencheur du chaque boucle.

Câble: 8/10° SYT1

# Détecteurs automatiques : Implantation, voir p. 288



#### Câblage.

Une résistance de 3,3 kΩ sera placée sur le dernier détecteur de chaque boucle, câble de catégorie SYT1 8/10°.

# Diffuseurs sonores : Implantation.

Les diffuseurs sonores doivent être mis



hors de portée du public par éloignement (hauteur mini de 2,25 m) et en nombre suffisant pour que le signal d'évacuation soit audible en tout point du bâtiment.

#### Câblage.

Les câbles d'alimentation des diffuseurs sonores (DS) non autonomes doivent être de la catégorie CR1/câble de sécurité.

Les câbles de commande des BAAS doivent être de catégorie C2.

Ne pas oublier la résistance de 3,3 k $\Omega$  à raccorder dans le dernier diffuseur sonore de la ligne des DS.

## Dispositifs actionnés de sécurité (DAS):

#### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont



situées dans les circulations et au niveau des escaliers. Les organes de désenfumage sont généralement implantés dans les circulations, escaliers,

locaux de grand volume.

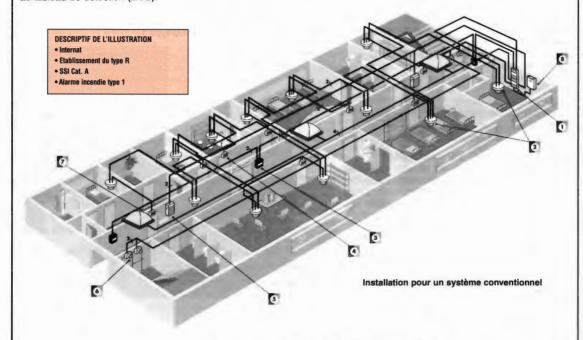
#### Câblage.

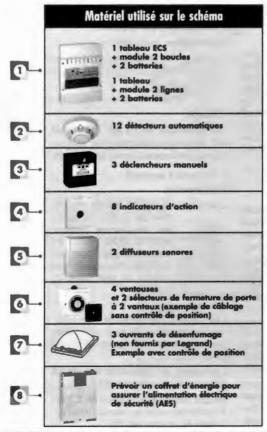
- Contrôle de position : câble de catégorie CR1, 8/10<sup>e</sup> minimum.
- Commande en émission de tension : câble de catégorie CR1. 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).
- Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

#### · SOLUTIONS PRODUITS :

Pour illustrer les solutions en alarme de type 1 nous avons choisi l'exemple d'un internat, établissement de type R. La mise en sécurité comportant du compartimentage et du désenfumage, il est nécessaire d'utiliser un tableau CMSI séparé, associé au tableau de détection (ECS).





# 10.4.5. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 2a (CATÉGORIE DE SSI B)

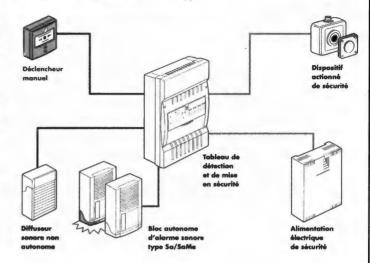
L'alarme type 2a est la configuration permettant la surveillance des boucles de détection et des lignes de mise en sécurité

#### · INSTALLATION.

#### - Fonctions de mise en sécurité (CMSI) :

- Le centralisateur de mise en sécurité
   (CMSI) est composé de 3 sous-fonctions :
  - l'unité de gestion d'alarme (UGA) gérant l'évacuation (pilotage des diffuseurs sonores et temporisations associées):
  - l'unité de signalisation (US) composée de voyants et d'un buzzer indiquant les changements d'états des lignes de mise en sécurité :
  - l'unité de commande manuelle centralisée (UCMC) permettant la commande manuelle des lignes de mise en sécurité (compartimentage, désenfumage).

# Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 2a



## • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation

#### - Tableaux d'alarme + CMSI :

Les tableaux doivent être installés à



un emplacement non accessible au public et surveillés pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Ils doivent être visibles du personnel de surveil-

lance et leurs organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

# - Déclencheurs manuels :

#### Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations à



chaque niveau à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-de-chaussée à proximité des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur

d'environ 1,30 m(1) au-dessus du sol.

#### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en parallèle sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une boucle.

Équiper les déclencheurs manuels d'une résistance de **750**  $\Omega$ . Une résistance de **3,3** k $\Omega$  sera placée sur le dernier déclencheur de chaque boucle. Câble **8/10°** SYT1.

# - Diffuseurs sonores : Implantation.

Les diffuseurs sonores doivent être



mis hors de portée du public par éloignement (hauteur mini de **2,25 m**) et en nombre suffisant pour que le signal d'évacuation soit audible en

tout point du bâtiment.

### Câblage.

Les câbles d'alimentation des diffuseurs sonores [DS] non autonomes doivent être de catégorie CR1/câble de sécurité.

Les câbles de commande des BAAS doivent être de catégorie C2.

Ne pas oublier la résistance de 3,3 k $\Omega$  à raccorder dans le dernier diffuseur sonore de la ligne des DS.

# Dispositifs actionnés de sécurité (DAS):

### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont



situées dans les circulations et au niveau des escaliers.

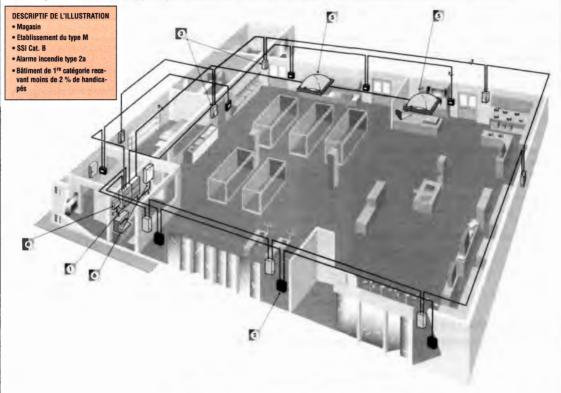
#### Câblage.

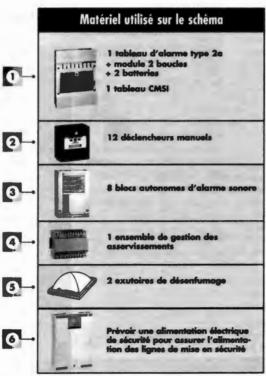
- Contrôle de position : câble de catégorie CR1, 8/10<sup>e</sup> minimum.
- Commande en émission de tension : câble de catégorie CR1, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).
- Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

#### · SOLUTIONS PRODUITS:

Pour illustrer les solutions en alarme de type 2a nous avons choisi l'exemple d'un magasin, établissement de type M. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.





# 10.4.6. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 2b (CATÉGORIE DE SSI C, D OU E)

L'alarme type 2b est la configuration permettant la centralisation des données sur un tableau

#### · INSTALLATION.

#### - Fonction détection :

- Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffre.
- Fonctions de mise en sécurité.
- Évacuation :

Elle est assurée par :

- un tableau d'alarme de type Pr ;
- des blocs autonomes d'alarme sonore de type Sa (avec ou sans flash) ou de type SaMe (à message bilingue français-anglais : intégré, avec ou sans flash).

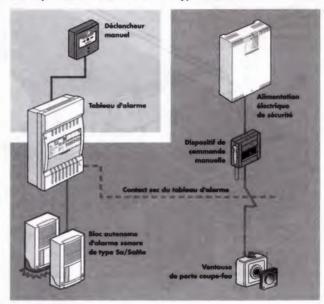
## - Compartimentage :

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec sur le tableau d'alarme.

#### - Désenfumage :

En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de type 2a.

### Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 2b



#### RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation.

## - Tableaux d'alarme :

Le tableau d'alarme de l'équipement



d'alarme type 2b doit être installé à un emplacement non accessible au public et surveillé pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Il doit être visible du

personnel de surveillance et ses organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

# Déclencheurs manuels :

# Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être



disposés dans les circulations, à chaque niveau, à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-dechaussée à proximité

des sorties, ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m (1) au dessus du sol (maximum 1,80 m).

#### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en série sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une même boucle. Câble : 8/10 SYT1.

# Blocs autonomes d'alarmes sonores :

#### Implantation.

Les BAAS de type Sa ou SaMe



(à message préenregistré), avec ou sans flash, doi-vent être mis hors de portée du public par éloignement (hauteur minimum de 2,25 m).

#### Câblage.

Câblage alimentation secteur :

2 × 1,5 mm<sup>2</sup>

Câblage liaison de commande : catégorie C2 8/10°.

### Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) :

#### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études



spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers.

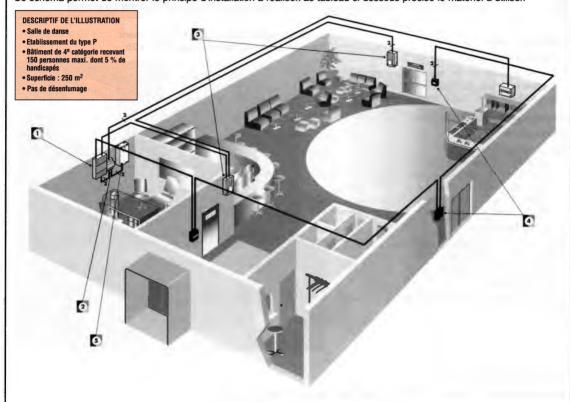
# Câblage.

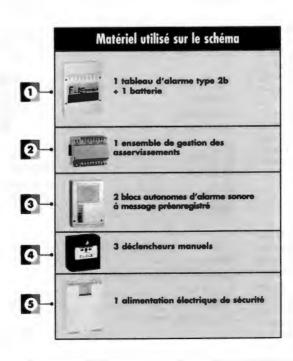
Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

## • SOLUTIONS PRODUITS :

Pour illustrer les solutions en alarme de **type 2b** nous avons choisi l'exemple d'une salle de danse, établissement de **type P**. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.





# 10.4.7. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 3 (CATÉGORIE DE SSI C, D OU E)

L'alarme type 3 est la configuration constituée par des blocs autonomes normalisés

#### · INSTALLATION.

#### - Fonction détection :

 Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret

### - Fonctions de mise en sécurité :

#### - Évacuation.

Elle est assurée par des blocs autonomes d'alarme sonore de type MA (avec ou sans flash) ou MaMe (à message bilingue français-anglais, (avec ou sans flash).

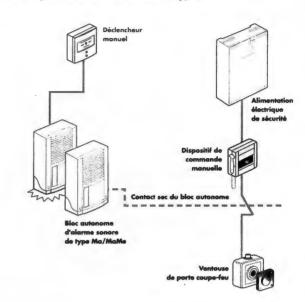
### - Compartimentage.

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec sur le bloc autonome d'alarme sonore.

## Désenfumage.

En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de type 2a.

# Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 3



# • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation.

#### Blocs autonomes d'alarme sonore :

# Implantation.

Les blocs autonomes d'alarme sonore



(BAAS) de type Ma ou MaMe (à message pré enregistré), avec ou sans flash doivent être mis hors de portée du public par éloignement

(hauteur mini de 2,25 m).

#### Câblage.

L'action sur un déclencheur manuel doit provoquer le fonctionnement de tous les **BAAS** du bâtiment.

- Câble: alimentation/câble 1.5 mm2
- Liaison inter BAAS/câble 8/10<sup>e</sup>
   SYT1

# Déclencheurs manuels : Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent



être disposés dans les circulations, à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-dechaussée, à proximité

des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m <sup>(1)</sup> au dessus du niveau du sol.

## Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en série sur un même câble pour qu'ils ne forment qu'une même boucle qui peut être commune à plusieurs niveaux.

Câble 8/10e SYT1.

# - Mise au repos de l'installation après coupure de l'alimentation :

La mise au repos de l'installation est obligatoire pour toute coupure du secteur supérieure à 12 h et se fait à partir de l'état de veille. Mise au repos effectuée avec le coffret de télécommande.

## - Retour en état de veille :

- Automatique : dès le retour du secteur.
- Manuel : par pression sur le boutonpoussoir « allumage » du coffret de télécommande.

#### Implantation.

Elle est définie par un bureau



d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers.

### Câblage.

Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5 mm² minimum (monoconducteur).

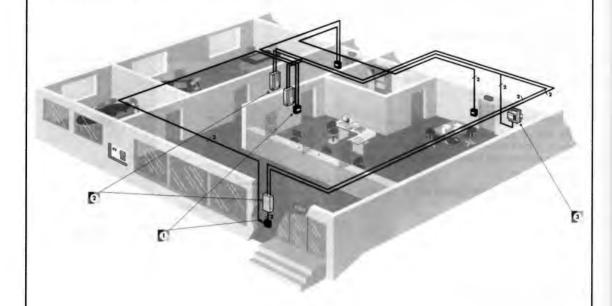
(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

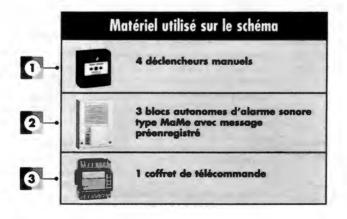
# • SOLUTIONS PRODUITS :

Pour illustrer les solutions en alarme de **type 3** nous avons choisi l'exemple d'une banque, établissement de **type W**. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.

#### DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION

- a Ronguo
- Etablissement du type W
- Bâtiment de 3e catégorie





# 10.4.8. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 4 (CATÉGORIE DE SSI D OU E)

# L'alarme type 4 est la configuration la plus simple, pour risque peu élevé

#### · INSTALLATION :

#### - Fonction détection.

 Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret.

#### Fonctions de mise en sécurité :

#### - Évacuation.

Elle est assurée soit :

- par un tableau d'alarme qui peut être associé à des diffuseurs sonores :
- par un ou plusieurs blocs d'alarme;
- par un coffret d'alarme à pile.

# - Compartimentage.

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec, uniquement sur le tableau d'alarme.

### - Désenfumage.

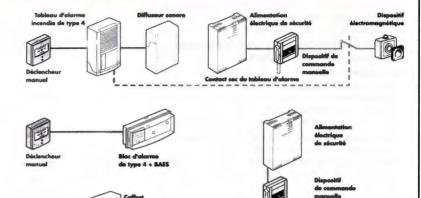
En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de **type 2a**.

#### . SOLUTIONS PRODUITS :

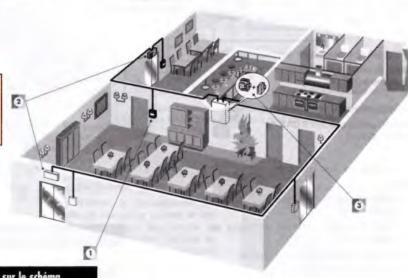
#### **DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION**

- Restaurant
- Bâtiment de type N
- Bâtiment de 5° catégorie

# Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 4



Pour illustrer les solutions en alarme de type 4 nous avons choisi l'exemple d'un restaurant, établissement de type N. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Vous trouverez dans le tableau ci-dessous le matériel à utiliser.



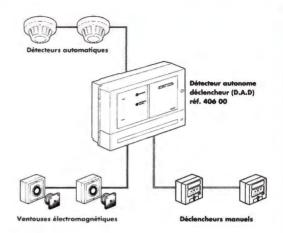


# 10.4.9. DÉTECTEUR AUTONOME DÉCLENCHEUR (DAD)

Un DAD permet une détection partielle automatique d'incendie et l'alimentation de ventouses électromagnétiques

#### • INSTALLATION:

- Le DAD reçoit les informations des détecteurs automatiques et assure la commande de :
  - fermeture de porte coupe-feu
  - déclenchement d'un organe de désenfumage
- fermeture d'un clapet coupe-feu
- Où installer un D.A.D.
- Dans les établissements recevant du public de type M et PS, en réponse aux impositions particulières du règlement de sécurité.
- Dans les bâtiments d'habitation pour la fermeture des portes coupe-feu des parkings et en 3<sup>e</sup> famille A pour le désenfumage des cages d'escalier.
- Dans les établissements (ERP) équipés de videordures ou monte-charge avec trappe à fermeture automatique.



#### • RÈGLES D'INSTALLATION :

# Elles vous permettent d'installer votre SSI en conformité avec la réglementation

① Installer un déclencheur manuel près de l'issue principale (hauteur 1,30 m (¹) du sol), 2 déclencheurs maximum.



② Installer les détecteurs automatiques au nombre de 2 maximum et de même type.



③ Raccorder les ventouses électromagnétiques (maximum 3 DAS de même fonction)



④ Un **DAD** ne doit pas commander:

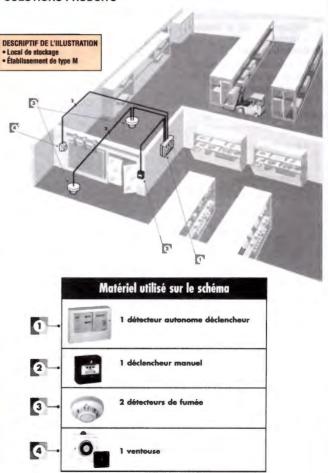


- un volet de désenfumage pour conduit collectif;
- un coffret de relayage pour ventilateur de désenfumage;
- des dispositifs d'extinction automatiques ;
- des dispositifs d'évacuation.
- (1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

### Attention!

Ne pas oublier de raccorder sur le dernier détecteur automatique la résistance de 3,3 k $\Omega$  fournie avec le **DAD**, ceci afin d'assurer la continuité de la boucle électrique.

## • SOLUTIONS PRODUITS



# 10.4.10. ENSEMBLE DE GESTION DES ASSERVISSEMENTS

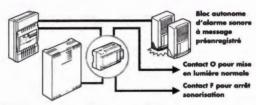
Un ensemble de gestion des asservissements est destiné à piloter l'éclairage, la sonorisation, les issues de secours en cas d'incendie

# GESTION DES ASSERVISSEMENTS LIÉE À L'ALARME INCENDIE.

La gestion des asservissements liée à l'alarme incendie répond à des impositions particulières du règlement de sécurité dans les établissements du type L, P, ou T.

#### Elle permet :

- l'arrêt de la sonorisation ;
- la mise en lumière normale de l'établissement ;
- la diffusion d'un message d'évacuation ;
- le déclenchement de l'alarme générale.

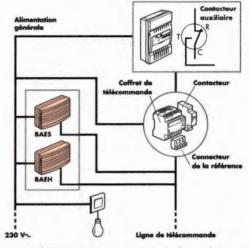


Ensemble constitué d'un « coffret fonction » et d'une alimentation électrique de sécurité (AES) associés à une alarme incendie de type 1, 2a ou 2b.

# PILOTAGE DE L'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ.

Le pilotage de l'éclairage de sécurité est assuré par un ensemble de gestion constitué d'un bloc de télécommande évolutif associé à un contacteur ou une alarme de type 1.

En cas d'utilisation du contact auxiliaire de pilotage des blocs autonomes d'alarme sonore, consulter le fabricant.



Dans les établissements comportant des locaux à sommeil les BAEH sont installés à côté des BAES.

#### Issues de secours.

# Fonctionnement du bloc de porte pour issue de secours.

Cet appareil est conçu pour remplir deux fonctions :

- fonction antivol.
- fonction antipanique.

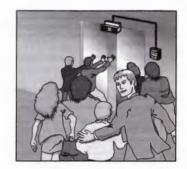


# Fonction antivol.

Afin d'éviter la malveillance des clients, le bloc-porte permet le verrouillage électrique des issues de secours. Il est alimenté par une alimentation électrique de sécurité (AES).

### Fonction antipanique.

Lorsqu'une alarme est déclenchée dans un établissement, la centrale ordonne automatiquement le déverrouillage des issues de secours. Une commande manuelle de couleur verte est obligatoire près de chaque issue, l'ouverture est également assurée si on exerce une pression d'environ 120 kg par vantail, permettant l'évacuation en cas de panique.



#### Signalisation des portes ouvertes.

Le micro-contact incorporé dans le bloc de porte permet de signaler un défaut éventuel de fermeture sur une alarme électrique.

# 10.4.11. CHOIX DES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ INCENDIE (SSI) EN FONCTION DU TYPE D'ÉTABLISSEMENT ET DE SA CATÉGORIE

Turn	Étabilies			Enectif	du public		
Туре	Établissement		tégorie	2º catégorie	3º catégorie	4º catégorie	5º catégorie
J L M N O P P		> 3000 p	> 1 500 p	701 à 1 500 p	301 à 700 p	≤ 300 p	§ 10.2.3
J	Structure d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
L	Salles à usage d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles polyva- lentes Sans handicapé	SSI. A EA 1	SSI C, D ou E EA 2b	SSI E EA 3 avec salle polyvalente EA 4 sans salle polyvalente	- EA 4	- EA 4	- EA 4
	Avec handicapés	SSI. A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b
	Magasins, centres commerciaux Sans handicapé		SI B A 2a	SSI C, D ou E EA 2b	EA 3	EA 4	EA 4
M	Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b
	Restaurants, débits de boissons Sans handicapé		- A 3	_ EA 3	- EA 4	– EA 4	_ EA 4
N	Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	- EA 2b
	Hôtels, pensions en famille Sans handicapé		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
0	Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
	Salle de jeux sans handicapé		SI A A 1	SSI B EA 2a	SSI C, D ou E EA 2b	- EA 4	_ EA 4
	Salle de danse sans handicapé hors sous-sol		SI A A 1	SSI B EA 2a	SSI C, D ou E EA 2b	- EA 3	- EA 4
P	Salle de danse en sous-sol Sans handicapés		SI A	SSI B	SSI C, D ou E	sous-sol SSI C, D ou E EA 2b	EA 4
	Avec handicapés	SS	SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	_ EA 2b
	Établissement d'enseignement et assimi- lés, sans locaux à sommeil, sans handicapés, colonies de vacances (SH)		– A 2b	EA 2b	EA 2b	_ EA 4	EA 4
R	Établissement avec locaux à sommeil (ex.: pensionnat, colonies de vacances, sans handicapé)		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
	1 – Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	EA 2b
	2 – Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1
	Bibliothèques, archives, centres de documentation (SH)		SI A A 1	SSI B EA 1	- EA 2b	EA 2b	_ EA 4
S	Avec handicapés		SI A A 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	_ EA 2b	_ EA 2b
	Halls et salles d'exposition (SH)		D ou E	SSI C, D ou E EA 2b	- EA 3	- EA 4	_ EA 4
T	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	_ EA 2b

W X Y Y A COA PA			Effectif	du public				
Туре	Établissement	1ère catégorie	2º catégorie 701 à 1 500 p	3º catégorie 301 à 700 p	4º catégorie ≤ 300 p	5° catégorie § 10.2.3		
	4	> 3000 p > 1 500 p			·			
	Établissements sanitaires (hôpitaux, cliniques, maisons de retraite)	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *		
U	Hôpitaux de jour Locaux médicaux et thermalisme	EA 3	- EA 3	- EA 3	EA 3	- EA 4		
	Établissements de culte	- EA 4	- EA 4	- EA 4	– EA 4	EA 4		
•	si 10 % de handicapés en étage	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b		
w	Banques, administrateurs, bureaux	SSI C, D ou E EA 2b	SSI C, D ou E EA 2b	_ EA 3	- EA 4	– EA 4		
	Établissements sportifs couverts (SH)	- EA 3	- EA 3	- EA 4	_ EA 4	_ EA 4		
x								
	si 10 % de handicapés en étage	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b		
	Musées publics ou privés (SH)	EA 2a	- EA 4	- EA 4	_ EA 4	_ EA 4		
		2014	201.4	2014				
Y	Avec handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b		
	Détection partielle après avis de la commission de sécurité	EA 1	- EA 1	- EA 4	– EA 4	EA 4		
стѕ	Chapiteaux, tentes et structures	Système de sonorisation	Système de sonorisation	- EA 4	– EA 4	– EA 4		
	Gare aériennes, souterraines et mixtes sans handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	- EA 4	- EA 4		
GA	Gare aériennes, souterraines et mixtes avec handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1		
OA	Hôtels, restaurants d'altitude	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1		
PA	Établissements de plein air	Pour	es locaux aménagés à l'int au type	érieur de l'établissem considéré	ent se reporter			
SG	Structures gonflables	s	elon l'utilisation qui est fait d'établissem	e des SG se reporter ents considérés	aux types			
	Établissements flottants avec locaux à sommeil	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1		
EF	Établissements flottants sans locaux à sommeil	EA 2b	EA 2b	EA 3	EA 3	EA 3		
REF	Refuges	EA 4	EA 4	EA 4	EA 4	_ EA 4		
	Parcs de stationnement (niveaux ventilés	Régieme	entation		Préconisation			
	mécaniquement) 251 à 1 000 véhicules	détection automatique de fumée	système d'alarme	SSI	E	A		
PS	Parcs comportant à niveaux au plus au-des- sus du niveau de référence ou 2 niveaux au plus au-dessous	oui	-	A	1 Sans a	vertisseur		
	Parcs comportant 5 niveaux et plus au-des- sus du niveau de référence ou 3 niveaux et plus au-dessous	oui	oui	A	1 Avec avertisseur			

Note: SSI (Système Sécurité Incendie, catégories: A, B, C, D ou E). EA (Équipement Alarme type 1, 2a, 2b, 3 et 4).

# 10.4.12. CONTRÔLE ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS

#### Contrôle de l'installation :

#### - Action à réaliser.

L'entreprise d'installation doit vérifier obligatoirement le bon fonctionnement de l'installation et consigner les essais réalisés et les résultats obtenus (NF S 61-932). Les documents rédigés seront annexés au registre de sécurité.

#### Réception :

#### - Action à réaliser.

L'installation doit faire l'objet d'une visite de réception par un bureau de contrôle en présence de l'utilisateur et de l'installateur. La réception fait l'objet d'un procès verbal à joindre au registre de sécurité.

#### Maintenance:

#### - Action à réaliser.

Les systèmes de sécurité incendie doivent être maintenus en bon état de fonctionnement.

Réglementairement, la maintenance peut être assurée soit par un technicien habilité par l'exploitant soit par l'installateur.

Un contrat de maintenance est obligatoire pour les SSI de catégories A et B. La périodicité d'intervention est fixée entre intervenant et exploitant. Le contrat ou les consignes d'entretien seront annexés au registre de sécurité.



Le Registre de sécurité est un véritable « carnet de santé » d'une installation de sécurité d'un établissement

#### Visite de contrôle périodique :

#### - Action à réaliser.

Une visite de contrôle est assurée par la **Commission de Sécurité** avec une périodicité définie pour chaque établissement par le règlement de sécurité. Cf. Tableau des périodicités de visite (ci-dessous). À l'issue de la visite, un avis favorable est donné à la poursuite de l'exploitation, ou des travaux de mise en conformité sont exigés.

# Arrêté du 7/07/1997, article GE4 Périodicité des visites de contrôle en fonction des catégories et types d'établissements

					T	ypes o	l'établiss	ements							
Catégorie	J	L	М	N	0	P	R (1)	R (2)	S	Т	U	V	W	X	Y
1ère catégorie	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	5	3	3	3
2 <sup>e</sup> catégorie	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	5	3	3	3
3 <sup>e</sup> catégorie	3	3	5	5	3	3	3	3	5	5	3	5	5	5	5
4e catégorie	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3	5	5	5	5

<sup>2 =</sup> périodicité 2 ans, 3 = périodicité 3 ans, 5 = périodicité 5 ans.

<sup>(1)</sup> avec hébergement

<sup>(2)</sup> sans hébergement

Un dispositif de coupure d'urgence doit être facile d'accès pour permettre de couper rapidement l'alimentation d'un circuit électrique

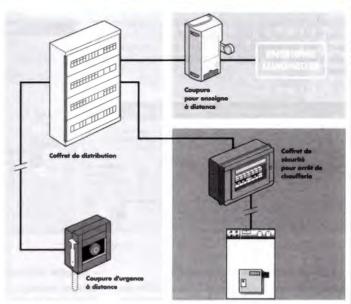
### · GÉNÉRALITÉS :

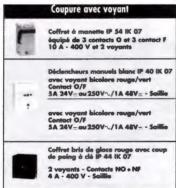
Les dispositifs de coupure d'urgence doivent être accessibles rapidement et clairement identifiées. Dans le cas où ils sont situés dans des locaux ou dégagements accessibles au public, ces dispositifs doivent être installés dans les zones accessibles au personnel uniquement [ex. derrière un comptoir, une caisse...]. Utilisez alors un produit bris de glace. La double signalisation de l'état du dispositif [voyants vert et rouge est obligatoire quand on n'est pas en sécurité positive.

#### • RÉGLEMENTATION

# Décret du 14/11/88 article 10 relatif à la coupure d'urgence

« Dans tout circuit terminal doit être placé un dispositif de coupure d'urgence, aisément reconnaissable et disposé de manière à être facilement et rapidement accessible, permettant en une seule manœuvre de couper en charge tous les conducteurs actifs »







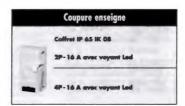
- Pour enseignes lumineuses



riogicinoritation

# NFC 15 150-1 relative à l'installation des enseignes lumineuses

Les enseignes à basse tension et les alimentations en basse tension des enseignes à haute tension (1 000 à 10 000 V) doivent être équipées d'un dispositif assurant les fonctions de coupure d'urgence et de sectionnement.

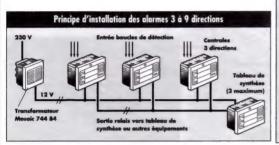


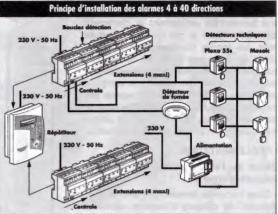
# 10.6. ALARMES TECHNIQUES. LA SURVEILLANCE TECHNIQUE D'UN BÂTIMENT

(D'après LEGRAND)

#### L'alarme technique constitue un complément de sécurité dans une installation d'alarme incendie

L'Alarme Technique permet la détection et la signalisation d'anomalies ou de défaillances techniques. En liaison avec des détecteurs appropriés ou des contacts secs, elle s'adapte aux exigences des installations d'un bâtiment





# - Alarmes techniques 3 à 9 directions.

Elles permettent la détection et la signalisation des



anomalies ou défaillances techniques des installations. Intégrées à la gamme d'appareillage Mosaic, les alarmes techniques 3 à 9 directions peuvent être

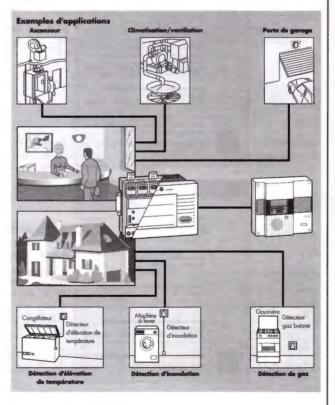
installées facilement en encastré ou en saillie. La centrale est alimentée en 12 V.

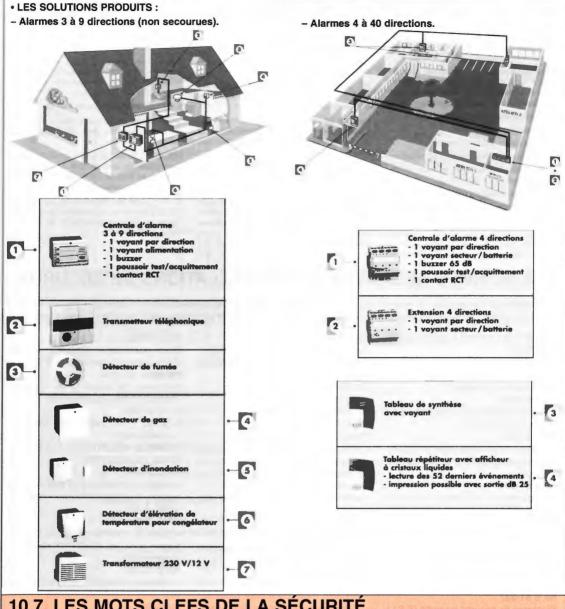
#### - Alarmes techniques 4 à 40 directions.

C'est un système évolutif qui permet une sécurité accrue : une solution modulaire pour contrôler jusqu'à 40 directions. Chaque direction peut être temporisée, ce qui permet d'éviter les déclenchements intempestifs suite à des événements fugitifs. Une relance buzzer toutes les 15 minutes peut être activée. Tant que le défaut n'est pas réparé, la centrale le signale. La centrale est alimentée en 230 V et dispose d'une alimentation secourue intégrée.

#### - Exemple d'installation.

L'alarme technique répond à des applications tertiaires ou domestiques simples telles que surveillance de la température d'un congélateur, détection d'inondation ou de gaz...





# 10.7. LES MOTS CLEFS DE LA SÉCURITÉ

Adressable : blocs autonomes d'éclairages de sécurité reliés à une centrale permettant de gérer et de tester à distance, un parc jusqu'à 800 B.A.E.S

A.E.S: Alimentation Électrique de Sécurité

B.A.A.S: Bloc Autonome d'Alarme Sonore B.A.E.S: Bloc Autonome d'Éclairage de Sécurité

B.A.E.H: Bloc Autonome d'Éclairage pour Habitations

B.E.2: Codification définie dans la NF C 15-100 des emplacements à risque d'incendie du fait des matières ou matériaux qui y sont traités ou entreposés.

B.E.3: Codification définie dans la NF C 15-100 des emplacements à risque d'explosion du fait des matières ou matériaux qui y sont traités ou entreposés.

Bloc autonome : appareil dans lequel tous les éléments tels que batterie, ensemble de com-mandes, traitement de l'information, systèmes de vérification et de contrôle éventuels sont

contenus dans une même enveloppe. On dis-tingue les BAAS, BAES et BAEH.

Coffret antipanique d'éclairage d'ambiance:

Permet de gérer et d'alimenter l'éclairage d'ambiance selon l'état de l'alimentation de l'éclairage normal.

C.M.S.I: Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie.

Assure le pilotage centralisé et automatique de la mise en sécurité d'un établissement, N'est requis que dans les versions de S.S.I. les plus élaborées (catégories A et B).

D.A. (i): Détecteur Automatique (Indicateur). D.A.C: Dispositif Adapteur de Commande. Reçoit un ordre de commande de sécurité et se borne à le transmettre aux D.A.S.

D.A.S : Dispositif Actionné de Sécurité. Ensemble des équipements qui permettent de compartimenter, désenfumer, gérer les issues pour l'évacuation (ex. : volets de désenfumage, portes coupe-feu...). D.C.M: Dispositif de commande Manuelle. Emet un ordre de commande de mise en sécurité à destination d'un ou plusieurs D.A.S, à partir d'une action manuelle appliquée à son organe de sécurité à manipuler. (ex : coffret bris de glace rouge).

: Dispositif de Commandes Manuelles Regroupées. Permet la juxtaposition de plusieurs D.C.M.

D.C.S : Dispositif de Commande avec Signalisation. Équipé d'une unité de signali-sation. Surveille les lignes et indique si les organes commandés sont bien en position de sécurité.

D. M : Déclencheur Manuel

D. S: Diffuseur Sonore

E.A.: Équipement à alarme

Local à sommeil : local au sein d'un ERP dans lequel le public est appelé à dormir (chambres d'hôtels, d'hôpitaux, colonies de vacances, maisons de retraite...)

L.S.C.: Luminaire source centralisée

# LES MOTS CLEFS DE LA SÉCURITÉ

Éclairage d'ambiance ou anti-panique : éclairage uniforme sur toute la surface d'un local pour permettre une bonne visibilité et éviter toute panique.

Éclairage d'évacuation : Éclairage permettant à toute personne d'accéder à l'extérieur du local à l'aide de foyers lumineux. Il doit assurer les 4 fonctions suivantes :

- Reconnaissance d'obstacles,
- Signalisation des issues,
- Signalisation des cheminements.
- Indication des changements de direction.

**E.C.S**: Équipement de contrôle et de signalisation

E.R.P: Établissement recevant du public

**E.R.T**: Établissement recevant des travailleurs, soumis au code du travail

Mise au repos : manœuvre permettant d'éteindre l'éclairage de sécurité après la coupure du secteur – ceci afin d'éviter le déchargement inutile des blocs autonomes ou de la source centrale.

NF AEAS : terme générique. Marque de conformité aux normes des Appareils électriques Autonomes de Sécurité.

NF MIC : terme générique. Marque de conformité aux normes des Matériels d'Incendie certifiés.

Registre de sécurité : registre affecté à l'établissement, tenu par le chef d'établissement et mis à la disposition des agents de l'administration.

**S.A.T.I**: Bloc autonome avec système autonome de test intégré.

S.D.I : Système de Détection Incendie. Ensemble des appareils nécessaires à la détection automatique d'incendie comprenant obligatoirement : les détecteurs automatiques, l'équipement de commande et de signalisation, les déclencheurs manuels. **S.M.S.I**: Système de Mise en Sécurité Incendie. Ensemble des équipements qui assurent la mise en sécurité incendie.

Source centralisée : appareil destiné à assurer l'alimentation secourue des luminaires d'éclairage de sécurité non autonomes.

S.S.I: Système de Sécurité Incendie

**U.G.A**: Unité de Gestion d'Alarme. Pilote les diffuseurs sonores pour l'évacuation du public.

U.C.M.C: Unité de Commande Manuelle Centralisée (au sein du C.M.S.I.). Assure la commande des équipements du compartimentage et de désenfumage.

U. S: Unité de Signalisation [au sein du C.M.S.I] Assure la signalisation des équipements de compartimentage et de désenfumage.

# 10.8. NORMES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ

Les règles de conception, de mise en œuvre et de vérification des installations de sécurité doivent obligatoirement répondre à des normes particulières. Tous les acteurs de l'installation de sécurité doivent les suivre impérativement.

# NORMES RELATIVES À LA SÉCURITÉ INCENDIE

#### NF S 61-931

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.) – dispositions générales.

# NF S 61-932

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.) – règles d'installation.

#### NF S 61-933

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)

- règles d'exploitation et de mainte-

# NF S 61-934

Centralisateurs de mise en sécurité incendie (C.M.S.I.).

#### NF S 61-935

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)

- unité de signalisation (U.S.)

#### NF S 61-936

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.) – équipements d'alarme (E.A.)

# equipemen NF S 61-937

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)

 dispositifs actionnés de sécurité (D.A.S.).

#### NF S 61-938

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.) – dispositifs de commandes manuelles

- (D.C.M.).

   dispositifs de commandes manuelles
- dispositifs de commandes manuelles regroupées (D.C.M.R.).
- dispositifs de commande avec signalisation (D.C.S.).
- dispositifs adaptateurs de commande (D.A.C.).

# NF S 61-939

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)

 alimentations pneumatiques d sécurité (A.P.S.).

#### NF S 61-940

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.) – alimentations électriques de sécurité (A.E.S.).

#### FD S 61-949

Interprétation des normes :

NF S 61-931 à NF S 61-939

## NF S 61-950

Matériels de détection d'incendie

 détecteurs, tableaux de signalisation et organes intermédiaires.

# NF S 61-961

Matériels de détection d'incendie

 détecteurs autonomes déclencheurs (D.A.D.).

#### NF S 61-962

Matériels de détection d'incendie

 tableaux de signalisation à localisation d'adresse de zone.

#### NF S 62-101

Protection contre l'incendie

- système d'extinction pour protection d'ambiance (noyage total) ou halon 1301).
- règles d'installation.

### NF S 62-102

Protection contre l'incendie

 organes constructifs des systèmes d'extinction au halon 1301).

# NF S 62-210

- Installations fixes d'extinction automatique à eau du type sprinkleur
- règles de conception, de calcul et de mise en œuvre.

# NF S 62-211

Installations fixes d'extinction automatique à eau du type sprinkleur

 essais de réception, surveillance et entretien-vérification.

# NF S 48-150

Blocs autonomes d'alarme sonore d'évacuation d'urgence (B.A.A.S.).

#### **EN 54**

Systèmes de détection et d'alarme incendie (norme européenne)

#### FD S 61-965

Organes non certifiables, fonctions supplémentaires.

#### NORMES RELATIVES À L'ÉCLAI-RAGE DE SÉCURITÉ

#### NF C 71-800

Aptitude à la fonction des BAES d'évacuation dans les ERP, ERT soumis à réglementation.

#### NF C 71-801

Aptitude à la fonction des BAES d'ambiance dans les ERP, ERT soumis à réglementation.

# NF C 71-805

Aptitude à la fonction des BAES pour bâtiments d'habitation soumis à réglementation

### NF C 71-820

Système de test automatique pour appareils d'éclairage de sécurité.

#### NF C 71-830

Maintenance des blocs autonomes d'éclairage de sécurité BAES – BAEH.

# NF EN 50171 (C 71-815-1)

Systèmes d'alimentation à la source centrale.

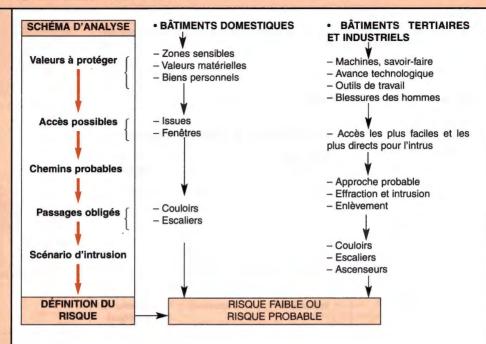
# NF C 71-815-2

Essais de type pour les sources centralisées de série.

#### NF EN 60598-2-22

Luminaires pour éclairage de secours.

# 10.9. SÉCURITÉ INTRUSION



# 10.9.1. ANALYSE DES RISQUES

#### • RISQUE FAIBLE :

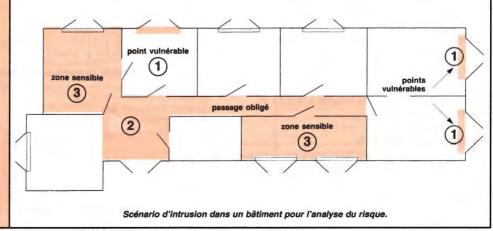
- La surveillance sera assurée par une détection périmétrique totale.
- Toutes les issues (portes et fenêtres) comprendront une détection d'ouverture et une détection de choc ou un détecteur intérieur.

#### • RISQUE PROBABLE :

 La surveillance sera assurée par la combinaison d'une détection périmétrique et d'une détection volumétrique des zones sensibles et voies de passage obligé.

### - Exemple d'application

- L'exemple montre le scénario possible des accès possibles (1), les chemins probables et les passages obligés (2) ainsi que les zones sensibles (3) contenant les valeurs à protéger.
- ①→Accès possibles → détection périmétrique
- ②→Passage obligé → détection volumétrique
- ③→Zone sensible → détections périmétrique et volumétrique combinées



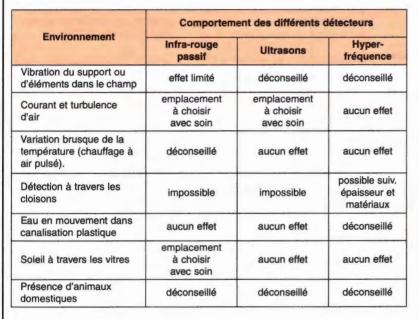
# 10.9.2. LA DÉTECTION ANTI-INTRUSION

### Détection volumétrique

Cette protection a pour but de détecter tout mouvement dans le volume sous surveillance. Elle ne protège ni les portes, ni les fenêtres mais le volume intérieur et les voies d'accès obligé.

Les détecteurs sont du type infra-rouge passif, ultrasons ou hyperfréquence.

#### · Choix des détecteurs volumétriques :





Détection volumétrique.





Zones de protection

#### · Zones de protection :

À définir en fonction des activités acceptées sur les lieux protégés.

#### Exemple:

Zone (p) permettant au gardien de faire sa ronde de nuit.

Zone (v) permettant l'entretien du local.

#### Détection périmétrique :

Cette protection constitue une barrière cernant le lieu à protéger.

Les détecteurs sont du type contact, choc piézoélectrique ou choc à masselotte et magnétique.

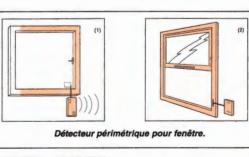
# · Localisation des détecteurs périmétriques.

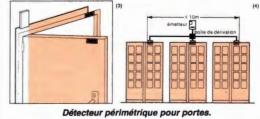
- Les détecteurs magnétiques de porte (3) ne peuvent pas être installés sur des châssis métalliques.
- Les détecteurs de choc piézoélectrique (1) ou à masselotte (2) doivent être installés à plus d'1 cm du châssis d'une vitre.

# Émetteur radio BATIBUS.

Les détecteurs peuvent être raccordés à des émetteurs universels sur des boucles de longueur limitée avec au plus cinq éléments.

Exemple: (4) ci-contre.





MATÉRIELS				
	TECHNOLOGIE	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	MISE EN ŒUVRE	EXTENSION
	Alarme intrusion multifilaire	Multidétection     Alimentation: 230 V 50 Hz secourue     Boucles de détection: ≤ 6     Boucles d'autosurveillance: ≤ 7     Consommation en veille: de 80 à 510 mA (¹)     Autonomie: 12 à 36 h (¹) suivant batteries     Système agréé NF et A2P type 1	Programmation manuelle     Configuration des     boucles     Indication des informations     Pour locaux neufs ou en réhabilitation     Autoprotégée à l'ouverture	Sirène intégrée     Transmetteur vocal     Transmetteur spécial surveillance     Transmetteur avec sirène intégrée
CENTRALE	Alarme intrusion unifilaire <i>(type</i> <i>Sagane)</i>	Alimentation modulaire:     24,5 V CC 0,4 A secourue     Zones:≤5     Nombre de détecteurs pour une alimentation modulaire:≤10     Autonomie:24 h. (1)     Raccordement des éléments en série par câble monoconducteur 6/10	Programmation par cavaliers suivant batteries     Configuration en zones     Pour locaux neufs ou en réhabilitation     Autoprotégée à l'ouverture et à l'arrachement	Télécommande infra- rouge     Transmetteur vocal
	Alarme intrusion radio	Multidétection     Alimentation par batteries     Autonomie : 2 ans     Zones : ≤ 5     Transmission radio FM haute sécurité     Système agréé par les assurances     Sirène intégrée 100 db	Codage par apprentis- sage     Centralise et gère les informations transmises par les détecteurs     Pour locaux existants     Autoprotégée à l'ouver- ture et à l'arrachement	<ul> <li>Télécommande infra- rouge</li> <li>Transmetteur vocal</li> </ul>
TRANSMETTEUR	Transmetteur vocal	<ul> <li>4 entrées</li> <li>4 numéros de téléphone</li> <li>4 messages</li> <li>Alimentation : 12 V filtrés et stabilisés</li> <li>Système agréé NF et A2P type 1</li> </ul>	Aide vocale à la pro- grammation     Raccordement prioritaire sur l'arrivée télépho- nique	<ul> <li>Alarme technique associée ou non à des détecteurs tech- niques</li> </ul>
THANSMETTECH	Transmetteur spécial télésurveillance	- Alimentation: batteries 12 V. 1,2 Ah - Formule "liberté" surveillance: 24 h/24; 7j/ 7; 4 semaines/an - Formule "tranquillité" 24 h/24; 7j/7; 365 j/an	Programmation et câblage en liaison avec le centre de télésurveillance	
	Commande filaire	Clavier à code secret agréé NF et A2P type 1     Interrupteur à clé électronique	<ul> <li>2 codes possibles</li> <li>Installation en intérieur (IP 40 – IK 07)</li> </ul>	<ul> <li>Clé supplémentaire pour interrupteur</li> </ul>
COMMANDE	Commande radio	- Commande à distance - Clavier à code secret - Émetteur télécommande porte-clé - Alimentation par piles alcalines	- Clavier à code à 4 chiffres (IP 40 - IK 07) - Configuration à distance	<ul> <li>Récepteur radio avec relais incorporé 8 A 230 V.</li> </ul>
	Commande infrarouge	<ul><li>Commande à distance</li><li>Alimentation par piles alcalines</li></ul>	- Configuration à distance	
	Sirène intérieure	- 113 dbA à 1 m (+/- 2 dbA)	- Non autoalimentée	
	Sirène intérieure/extérieure	<ul> <li>Agréée NF et A2P type 1</li> <li>113 dbA à 1 m (+/- 2 dbA)</li> <li>Alimentation : batteries 12 V. 1,2 Ah</li> </ul>	– Autoalimentée – IP 43 – IK 08	
AVERTISSEUR	Sirène extérieure avec flash	- Agréée NF et A2P type 1 - 110 db à 1 m (+/- 2 db) - Alimentation : batteries 12 V. 1,2 Ah	- Autoalimentée - IP 43 - IK 08 - Cycle d'alarme : 3, 5, 8 ou 10 min en intérieur : 30, 60 ou 90 s en exté- rieur	– Durée du flash : 5 min
SAUVEGARDE	(1) Batteries	- 12 V. 1,2 Ah - Autonomie 12 h pour 170 mA et 24 h pour 510 mA	Centrales multidétection     Centrales 6 boucles	
12000		- 12 V. 7 Ah - Autonomie 36 h pour 80 mA	<ul><li>Sirène, transmetteur</li><li>Centrales 3 boucles</li></ul>	
DÉTECTEUR	§ 10.10.	- Volumétrique ou périmétrique		

#### 10.10. DÉTECTION, COMMANDE ET TRANSMISSION **APTITUDES** DÉTECTION DOMAINE TRANSMISSION POSE technique **TYPE** Dans un volume Autoprotection Volumétrique Anti-intrusion Périmétrique Surveillance Sur fenêtres Analogique En feuillure Sur portes Sur volets En saillie Contact s ncendie Portatif . • Détecteur ionique . Détecteur thermique Détecteur optique Détecteur UV . • . . . • Détecteur gaz Détecteur d'inondation . . Détecteur de température intérieure Détecteur de température extérieure Capteur de température de dalle Thermostat Interrupteur à clé . **GUIDE DE CHOIX** . . . DES DÉTECTEURS. Télécommande 2 touches • • • • **DES COMMANDES** ET DES Médaillon radio **TRANSMETTEURS** Boîtier de commande à clavier mural Boîtier de commande . . . . . . . à clé Transmetteur vocal Transmetteur de . télésurveillance Détecteur magnétique . • • • • • sans fil Détecteur magnétique . . . • • . . . Détecteur magnétique . . . . . • à encastrer • . . Contact de feuillure . . • . • Contact magnétique . . . . . . Détecteur de choc à masselotte . . . . . . Détecteur de choc . • • piezoélectrique Contact de passage (sol) . . . . . . Détecteur d'infrarouge passif hyperfréquence Barrière infrarouge Radar ultrasonique .

#### (D'après HAGER • LEGRAND et SCHNEIDER ELECTRIC) ÉLÉMENTS DÉTÉCTÉS CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES ET INSTALLATION entre (m) entre veille maximale entre et déclencheur alarme maximale Chaleur ou température Hauteur d'installation Distance maximale deux déclencheurs Distance maximale deux déclencheurs en Surface protégée maximale (m²) en en 88 Alimentation (V) Caractéristiques spécifiques Fumée blanche Consommation (mA) Consommation (mA) (m) Température °C Déplacements maximale (m) Bris de glace Aérosol gaz Fuite d'eau un couloir ( Vibrations Distance r cloison e (m) Flamme 90 Détecte les débuts d'incendie . 12 12 25 6 12 à 20 0,04 9 50 Détecte en 1 min un At de 5 à 6 30 6 6 3 12 à 20 0,04 9 65 10 °C 0.04 9 . 12 90 12 25 6 12 à 20 70 Détecte les feux couvants 0.2 60 . 440 12 à 20 70 Angle de détection 120° 25 Détecte les fuites du gaz de ville 8 à 15 160 200 8 40 (méthane) 0,01 1,5 En boîtier étanche 10 à 15 0.2 60 At déclenchement - 6 °C +5à 0,05 60 à 10 à 15 1,5 à 2 1 000 + 35 Δt réenclenchement - 15 °C - 40 à En boîtier étanche à placer au 2 + 60 +5à 2 Noyé dans la dalle + 35 +5à 1,5 2 Pour ambiance intérieure + 35 12 5 Commande de fonction 1,2 Pile 6V 15 Commande de centrale M/A Prévention en cas de malaise Pile 6V 15 ou en cas d'agression Pile 6V 0,02 Contact 1A 12 V CC 1.2 15 10 à 15 Contact 1A 12 V CC 1,2 + 5 à Transmission vocale à un 12 1 2,5 + 35 numéro enregistré. Transmission à un centre de +5à 12 2,5 33 + 35 télésurveillance \_ Distance maximum 15 mm . . Distance du 8 à 21 mm Distance de 8 à 13 mm . . 1 contact NF . Distance maximum 20 mm . • . 2 1 contact NT 100 gr de pression 2 Fixation par codage . • • Distance maximum: 30 mm 12 m Volume ovoïde composé de 20 à 2 9 à 15 0,02 5 à 15 50 à 90° 50 faisceaux 30 m 9 à 15 Fréquence 2,45 GHz 4 5 50 à 180° Composé d'un émetteur

120

1

3

Portée

 $9 \times 7,5$ 

12 à 30

12

12

50

23

66

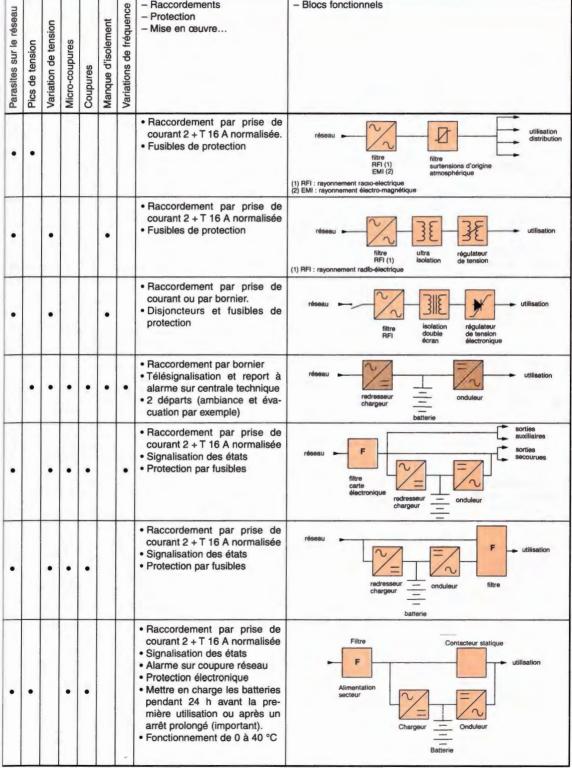
50

et d'un récepteur

Fréquence de 19 à 39 kHz

10.11. ALIME	NT/	ATIC	ONS	SE	CO	UR	UES	S - F	ILT	RES	S E	ГС	ONDITIONNEUR
CRITÈRES DE CHOIX	D	OMAIN	IE			1	UTI	LISATI	ONS				CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES
TYPE DE MATÉRIEL	Domestique. Petit ter- tiaire	Tertiaire. Grand habitat	Industriel	Micro-informatique	Mini-informatique	Éclairage de secours	Centrales de contrôle	Équipements sensibles	Dispositifs de sécurité	Automatismes et processus industriels	Télécommunications	Appareils médicaux	- Puissance - Intensité nominale - Autonomie
PRISE – FILTRE	•	•											Puissance de 0 à 1 000 VA  A par sortie  A prises 2 + T normalisées  En sortie  Pas d'autonomie  Utilisation monoposte
CONDITIONNEUR DE RÉSEAU MONOPOSTE	•	•		•									Puissance de 0 à 1 000 VA Prises 2 + T normalisées en sortie 220/240 V (± 15 %) Pas d'autonomie Utilisation monoposte
CONDITIONNEUR DE RÉSEAU MULTIPOSE		•	•	•	•								Puissance de 0 à 2 500 VA 220/240 V (+ 22 % - 16 %) Intensité admissible : 11,4 A maximum Pas d'autonomie Utilisation multiposte
ONDULEUR TYPE B		•	•		•	•	•				•		Puissance de 0 à 4 000 VA Sortie: 220 V (± 5 %) 50 Hz Alimentation: 230 V ± 10 % Télécommandable Autonomie: 1 h
ONDULEUR INTÉGRÉ		•	•										Puissance de 0 à 1 000 VA 220 ou 240 V (± 10 %) Sortie 230 V 50 Hz Puissance secourue P <sub>n</sub> /2 Autonomie 10 min Utilisation monoposte
ONDULEUR INTÉGRÉ	•			•									Puissance de 0 à 1 000 VA 230 V (± 5 %) Autonomie : 10 min Utilisation monoposte 4 prises 2 + T normalisées
ALIMENTATION DE SECOURS		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	Puissance de 0 à 4 000 VA à cos φ = 0,8 Intensité nominale : 4,6 A maximum 230 V (± 10 %) Sortie 230 V 50 Hz Autonomie : 10 min Temps de commutation : 4 ms Entrée et sortie monophasées

# DE RÉSEAU (GUIDE DE CHOIX) (D'après LEGRAND • LEROY SOMER • SCHNEIDER ELECTRIC) **RÈGLES PRINCIPALES TYPE DE PÉRTURBATIONS** SCHÉMAS FONCTIONNELS **D'INSTALLATION** - Raccordements Blocs fonctionnels Variations de fréquence Parasites sur le réseau Protection Variation de tension Manque d'isolement - Mise en œuvre... Pics de tension Micro-coupures Coupures · Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée. · Fusibles de protection RFI (1) EMI (2) (1) RFI : rayonnement radio-electrique (2) EMI : rayonnement électro-magnétique · Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée · Fusibles de protection filtre RFI (1) régulateur ultra (1) RFI: rayonnement radio-électrique · Raccordement par prise de courant ou par bornier. · Disjoncteurs et fusibles de .



CRITÈRES DE CHOIX	D	OMAII	NE				UTII	LISATI	ONS				CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES
TYPE DE MATÉRIEL	Domestique. Petit ter- tiaire	Tertiaire. Grand habitat	Industriel	Micro-informatique	Mini-informatique	Éclairage de secours	Centrales de contrôle	Équipements sensibles	Dispositifs de sécurité	Automatismes et processus industriels	Télécommunications	Appareils médicaux	- Puissance - Intensité nominale - Autonomie
ONDULEUR INDUSTRIEL		•	•		•				•	•			Puissance de 0 à 3 000 VA 220 à 240 V (+ 10 % – 15 %) Autonomie maximum : 30 min Utilisation multiposte Entrée et sortie monophasées
ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE			•		•	•	•		•	•	•	•	<ul> <li>Puissance de 0 à 5 000 VA à cos φ = 0,8</li> <li>Intensité nominale : 22 A maxi</li> <li>Entrée monophasé ou triphasée 230 ou 400 V (± 10 %) 47,5 à 63 Hz</li> <li>Sortie monophasé 230 V 50 Hz ou 60 Hz</li> <li>Autonomie : jusqu'à 30 min</li> </ul>
ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE AVEC BY PASS MANUEL			•		•			•	•	•	•	•	<ul> <li>Puissance de 0 à 80 kVA à cos φ = 0,8</li> <li>Intensité nominale : 120 A maximun</li> <li>Entrée triphasée : 400 V (+ 10 - 15 %) 50 Hz (± 5 %)</li> <li>Sortie mono ou triphasée 230 400 V (± 1 %) 50 Hz (± 0,05 %)</li> <li>Autonomie : jusqu'à 60 min.</li> </ul>
ALIMENTATION DYNAMIQUE SANS COUPURE			•		•					•	•	•	<ul> <li>Puissance de 20 à 300 kVA à cos φ = 0,8</li> <li>Entrée triphasée : 208-220-240-380-415-440-480 V 50 Hz</li> <li>Sortie triphasée : 208-220-240-380-480 V 50 Hz</li> <li>Autonomie : 30 min</li> </ul>
ARMOIRE D'ÉNERGIE TYPE B et C (SOURCE CENTRALISÉE)		•	•				•						Puissance de 0 à 1 600 W     Entrée : 230 V (+ 5 % - 14 %)     Sortie : 24-48-110-220 V CC     Capacité : jusqu'à 110 Ah     Autonomie : 1 heure
COFFRET D'ÉNERGIE (PERMANENT)		•	•										Puissance de 0 à 560 W Entrée : 230 V 50 Hz Sortie : 6-12-27-48 V CC Capacité : jusqu'à 14 Ah Autonomie = 1 heure

Т	YPE	DE P	ERT	JRB/	TION	IS	RÈGLES PRINCIPALES D'INSTALLATION	SCHÉMAS FONCTIONNELS
Parasites sur le réseau	Pics de tension	Variation de tension	Micro-coupures	Coupures	Manque d'isolement	Variations de fréquence	- Raccordements - Protection - Mise en œuvre	- Blocs fonctionnels
•	•	•	•			•	Raccordement par prise 2 + T normalisée     Protection par disjoncteur     Signalisation des états     Alarme sur coupure du réseau     Informations par contacts	redresseur onduleur batterie
•	•	•	•		•	•	Raccordements par bornier     Télésignalisation à distance     Signalisation et alarme défauts     Température de fonctionnement de 0 à 40 °C	Alimentation Secteur  Chargeur  Redresseur  Onduleur  utilisation  Batterie
•	•	•	•		•	•	Raccordement par câbles et bornier Gestion par microprocesseur Affichage digital Protection Température de fonctionnement de 0 à 40 °C	By pass manuel détour  Alimentation Réseau Chargeur Onduleur secteur Réseau principal Commutateur statique  Batterie
•	•	•	•	•		•	Distribution d'un réseau secouru  Neutre sorti ou non sorti Protection par disjoncteur Altitude: 0 à 2 000 m Température: 0 à 40 °C	Alimentation secteur  Alimentation Secteur  Batterie  Hedresseur chargeur  M  Volant d'Inertie
				•			Pour éclairage permanent     Signalisation défaut	Chargeur Réseau utilisation Batterie
				•			Type permanent pour alimentation permanente Visualisation secteur absent Utilisé pour la sécurité des personnes et des biens	Coffret standard Secteur présent Chargeur Secteur absent Chargeur Chargeur Chargeur Chargeur Chargeur Chargeur

Courant de court-circuit ≤ 4 ln.

# 11. LES MOTEURS ÉLECTRIQUES

# 11.1. LES MOTEURS ASYNCHRONES

# 11.1.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN MOTEUR ASYNCHRONE

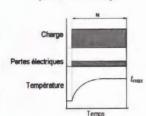
DÉMARCHE	ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE	GUIDE §
	Moment d'inertie : J.	11.1.2.1.
	- Puissance d'entraînement : Pe	11.1.2.2.
	<ul> <li>Couple résistant suivant le type de machine : M₁.</li> </ul>	11.1.2.3.
MACHINE	- Type de service : S.	11.1.2.4.
ENTRAÎNÉE	- Facteur de marche : $k_{\rm m}$ .	11.1.2.5.
	- Fréquence de rotation : n.	11.1.2.6.
	- Forme de fixation : B ou V.	11.1.2.7.
	<ul> <li>− Température de fonctionnement : correcteur k₁.</li> </ul>	11.1.3.1.
<b>V</b>	- Altitude de fonctionnement : correcteur k <sub>a</sub> .	11.1.3.1.
ENVIRONNEMENT	- Classe des isolants.	11.1.3.2.
ENVINUNNEMENT	- Niveau sonore.	11.1.3.3.
	- Volume du local de fonctionnement.	11.1.3.4.
	Volume de local de lonetonnement.	11.1.0.4.
<b>V</b>	- Tensions de fonctionnement : U.	11.1.4.1.
ARACTÉRISTIQUES	Variations de tension : U'/U.	11.1.4.2.
ÉLECTRIQUES	- Chute de tension en ligne : u.	11.1.4.3.
	- Pointes de courant admissibles : I <sub>p</sub>	11.1.4.4.
DÉTERMINATION	Correction subject to fréquence de retetion	44.54
DES	Correction suivant la fréquence de rotation.  Disconnes para l'afec de rotation.	11.1.5.1.
ARACTÉRISTIQUES	<ul> <li>Puissances normalisées des moteurs : P<sub>n</sub>.</li> </ul>	11.1.5.2.
NOMINALES	- Couples Courants-Hauteurs d'axe.	11.1.5.3.
DES MOTEURS	- Transformation de la puissance en couple.	11.1.5.4.
	- Pointes de courant au démarrage : I <sub>d</sub> , I' <sub>d</sub>	11.1.6.1.
CONDITIONS	- Couples moteurs : $M_d$ , $M'_d$ , $M_n$ .	11.1.6.2.
CONDITIONS	- Couples résistants : M <sub>r</sub> , M' <sub>n</sub>	11.1.6.3.
DE DÉMARRAGE	- Couple accélérateur : Ma.	11.1.6.4.
	- Temps de démarrage, $t_d$ et de freinage, $t_f$ .	11.1.6.5.
	Chair du déanann a siùrant la machina antro?néa	44.74
	<ul> <li>Choix du démarreur suivant la machine entraînée.</li> <li>Comparaison des modes de démarrage.</li> </ul>	11.1.7.1. 11.1.7.2.
CHOIX DU	- Comparaison des modes de demarrage Critères économiques.	11.1.7.2.
DÉMARREUR	<ul> <li>Démarrage et freinage des moteurs asynchrones (hors convertisseurs statiques).</li> </ul>	11.1.8.
	Détermination des démarreurs (calculs approchés)	11.1.9.
	Duissance offices on régime intermittent	11.1.11.1.
	<ul> <li>Puissance efficace en régime intermittent.</li> <li>Classe de démarrage : N₀.</li> </ul>	11.1.11.1.
ONCTIONNEMENT	<ul> <li>− Classe de demarrage : k<sub>d</sub></li> <li>− Facteur de démarrage : k<sub>d</sub></li> </ul>	11.1.11.2.
EN SERVICE		
INTERMITTENT	<ul> <li>Abaques de résolution pour moteurs à cage fonctionnant en service intermittent.</li> <li>Moteurs freins fonctionnant en service intermittent.</li> </ul>	11.1.11.5.
	<ul> <li>Moteurs freins fonctionnant en service intermittent.</li> <li>Moteurs à bagues fonctionnant en service intermittent.</li> </ul>	11.1.11.6. 11.1.11.7.
•	<ul> <li>Guide de choix des moteurs monophasés.</li> </ul>	11.1.12.1.
OHOW	<ul> <li>Caractéristiques des moteurs monophasés.</li> </ul>	11.1.12.3.
CHOIX	Guide de choix des moteurs triphasés.	11.1.12.2.
DU MOTEUR	Caractéristiques des moteurs triphasés à cage.	11.1.12.4.
	- Caractéristiques des moteurs freins triphasés.	11.1.12.5.
	Caractéristiques des moteurs à bagues.	11.1.12.6.
	EXEMPLE	11.1.13.

	SYSTÈMES	FORMES	DEL ATIONS	UNITÉS
	A ROUE ET VIS SANS FIN	FORMES	RELATIONS $J = J_{v} + \frac{1}{k_{r}^{2}} J_{p}$ (ramenée à la vis)	J <sub>V</sub> : inertie en kgm² de la vis considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.)     J <sub>p</sub> : inertie en kgm² de la roue considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.)     - k <sub>r</sub> : rapport de réduction.
	<b>B</b> CRÉMAILLÈRE	~ m	$J = mr^2 = \frac{m_p r^2}{2}$ (ramenée au pignon)	<ul> <li>J: inertie en kgm².</li> <li>m: masse à translater en kg.</li> <li>m<sub>p</sub>: masse du pignon en kg.</li> <li>r: rayon primitif du pignon en m</li> </ul>
	<b>C</b> VIS-ÉCROU	m p = pas de la vis	$J = m \frac{p^2}{4 \pi^2} + \frac{m_v r^2}{2}$ (ramenée à la vis)	<ul> <li>J: inertie en kgm².</li> <li>m: masse à déplacer en kg.</li> <li>m<sub>v</sub>: masse de la vis en kg.</li> <li>p: pas de la vis en m.</li> <li>r: rayon de la vis en m.</li> </ul>
	D CYLINDRE		$J=m\frac{R^2}{2}$	<ul> <li>J: inertie en kgm².</li> <li>m: masse du cylindre en kg.</li> <li>R: rayon du cylindre en m.</li> </ul>
11.1.2.1. MOMENT	E JANTE POIDS-POULIE	(1) m m (2)	(1) $J = m \frac{R_1^2 + R_{\theta}^2}{2} = \frac{m R^2}{2}$ (2) $J = m R^2 + m_p \frac{R^2}{2}$	<ul> <li>J: inertie en kgm².</li> <li>m: masse à entraîner en kg.</li> <li>m<sub>p</sub>: masse de la poulie en kg.</li> <li>R<sub>i</sub>: rayon intérieur de la jante en m.</li> <li>R<sub>e</sub>: rayon extérieur de la jante en m.</li> <li>R: rayon de la poulie en m.</li> </ul>
D'INERTIE : J	F ARBRES ÉPAULES	(1) (2)	$J = m_1 \frac{R_1^2}{2} + m_2 \frac{R_2^2}{2}$	-J: inertie en kgm <sup>2</sup> . $-m_1$ : masse du cylindre 1 en kg. $-m_2$ : masse du cylindre 2 en kg. $-R_1$ : rayon du cylindre 1 en m. $-R_2$ : rayon du cylindre 2 en m.
	<b>G</b> TRANSMISSION PAR COURROIE OU CHAÎNE	RI CR2	$J_{t} = \frac{m_1 + 2 m_c + m_2}{2} R_1^2$ $J = J_t + J_c \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2$ (ramenée à l'axe 1)	<ul> <li>J: inertie de l'ensemble en kgm².</li> <li>J₁: inertie de la transmission en kgm².</li> <li>J₀: inertie de la charge en kgm².</li> <li>m₁: masse de la poulie 1 en kg.</li> <li>m₂: masse de la poulie 2 en kg.</li> <li>R₁: rayon de la poulie 1 en m.</li> <li>R₂: rayon de la poulie 2 en m.</li> <li>m₀: masse de la courroie ou chaîne.</li> </ul>
	<b>H</b> RÉDUCTEUR	J1 J2 J4 J6 J6 J3 J5	$J = J_{r} + J_{c} \left(\frac{1}{k_{r}}\right)^{2}$ $J_{r} = J_{1} + (J_{2} + J_{3}) \frac{1}{k_{1}^{2}} + (J_{4} + J_{5}) \frac{1}{k_{2}^{2}} + \dots$ $J_{C_{1}} = J_{C_{6}} \left(\frac{n_{6}}{n_{1}}\right)^{2}$ (ramenée à l'axe 1)	<ul> <li>J: inertie de l'ensemble en kgm².</li> <li>J<sub>r</sub>: inertie du réducteur en kgm².</li> <li>k<sub>r</sub>: rapport de réduction.</li> <li>J<sub>c</sub>: inertie de la charge en kgm².</li> <li>J<sub>n</sub>: inertie du pignon n en kgm².</li> <li>J<sub>cn</sub>: inertie de la charge ramenée à l'axe n en kgm².</li> <li>n<sub>n</sub>: fréquence de rotation de l'axe n.</li> <li>k<sub>n</sub>: rapport de réduction du train n.</li> </ul>
		ration MD <sup>2</sup> vaut 4 fois le J. (pour information)	$J = \frac{MD^2}{4}$	- MD <sup>2</sup> en kgm <sup>2</sup> . - J en kgm <sup>2</sup> .

	MAC	HINES AGRICOLES	MACHINES	À USAGE DOMESTIQUE			
	Engreneur Élévateur Presse à paille  Hache-paille Coupe-racines Brise-tourteaux Aplatisseurs Concasseurs Fouloirs à raisins Broyeur de pommes Pompe à purin Moulin à grains Secoueur de paille Scie à bûches Trayeuse	0,37 kW 1 kW à 1,5 kW 2,2 kW pour 500 kg/h 3 kW pour 1 500 kg/h 4 kW pour 5 000 kg/h 1,1 kW pour 1 000 kg/h 0,75 kW pour 2 000 kg/h 0,75 kW pour 300 kg/h 0,75 kW pour 100 kg/h 1,5 kW pour 100 kg/h 1,5 kW pour 100 kg/h 1,5 kW pour 1 000 l/n 0,75 kW pour 6 000 kg/h 0,75 kW pour 6 000 kg/h 0,75 kW pour 30 kg/h 1,1 kW à 2,2 kW 1,1 kW pour 10 vaches/h	Pompe à vin ou à cidre Machine à laver le linge Lave-vaisselle Machine à coudre Repasseuse Réfrigérateur	0,37 kW 0,37 à 0,75 kW (1 à 20 kg de linge) 0,18 kW 0,18 à 0,25 kW 0,18 à 0,25 kW (120 à 450 l) 0,18 à 0,55 kW  ATRAVAILLER LES MÉTAUX  égale, en kW, à 0,75 fois l'hauteur de pointes en dm. Ø 50 : 1,5 kW Ø 75 : 3 kW Ø 90 : 7,5 kW égale, en kW, à 6 fois le diamètr du plateau en m.			
	Écrémouso	(0.75 m <sup>3</sup> /h) kW	Étau-limeur	égale, en kW, à 0,37 fois la lon			
	Écrémeuse Malaxeur Barrate	(0,75 m <sup>3</sup> /h) kW (0,75 kg/30) kW (kg de beurre pouvant être traité à la fois) (0,75 m <sup>3</sup> /h) kW	Fraiseuse Raboteuse Plateau en m :	gueur de la course en dm égale, en kW, à 1,5 fois le d mètre du mandrin en cm 1,2 × 1,5 : 2,2 kW 1,8 × 0,5 : 4 kW			
	MACHINES	À TRAVAILLER LE BOIS		2,4 × 0,75 : 7,5 kW			
	MACHINES		Perceuse	Ø 28 mm : 0,75 kW Ø 40 mm : 1,1 kW			
11.1.2.2. PUISSANCE PENTRAÎNEMENT Po	Scie à ruban  Scie circulaire  Raboteuse  Dégauchisseuse  Toupie	égale, en kW, à 0,245 fois le diamètre du volant du ruban en dm.  Exemple: volant de 450 mm → 1,1 kW égale, en kW, à 0,75 fois le diamètre de la scie en dm. égale, en kW, à 0,37 fois la largeur à raboter en dm. égale, en kW, à 0,75 fois la largeur à dégauchir en dm. 0,75 à 3 kW	Ø de perçage : Meuleuse Scie alternative capacité en mm : Machine à polir Ø du disque :	Ø 90 mm : 4 kW 0,75 kW par cm de largeur meule 180 – 235 : 0,37 kW 250 : 1,1 kW 300 : 2,2 kW 200 : 0,75 kW 300 : 1,1 kW 400 : 2,2 kW 500 : 3 kW			
	Mortaiseuse	1,5 à 2,2 kW	BOULA	NGERIE - BOUCHERIE			
	Tenonneuse Perceuse Machine universelle Tour à bois	1,5 kW 1,5 kW égale, en kW, à 0,37 fois la largeur du bois à usiner en dm. égale, en kW, à 0,6 fois la hau- teur de pointes en dm.	Petit pétrin Pétrin Broyeur Cutters Scie à os Broyeur	0,37 kW égale, en kW, à 0,75 fois le nombre d'hectolitres. 0,55 kW pour 2 kg/min 3 kW pour 35 I 0,37 kW			
	Carde à coton	1,1 kW	mélangeur	0,37 à 1,5 kW			
	Drousse Carde fileuse Continu à filer	2,2 à 4 kW 2,2 à 5,5 kW 4 à 15 kW	ACCESSOI	RES POUR RESTAURANTS			
	Continu à retordre Métier à tisser Métier renvideur (laine ou coton)	2,2 à 11 kW 0,37 à 4 kW 5,5 à 18,5 kW	Moulin à café Essoreuse à salade Machine	0,18 à 0,25 kW 0,37 kW			
	MACHINES D'IMI	PRIMERIE	à éplucher	0,18 kW pour 40 à 400 kg/h			
	Machine rotative Linotypes Massicots Presses	0,75 à 4 kW par rouleau 0,37 kW 0,75 à 4 kW 0,75 à 2,2 kW	Lave-vaisselle Mélangeur batteur	2,2 kW, pour 4 000 pièces 0,18 kW pour 500 pièces 0,18 kW pour 10 I 1,5 kW pour 95 I			

	BLANCH	ISSERIE - TEINTURERIE			APP	AREILS D	E LEVAGE	
	Machine à laver 200 kg de linge sec Essoreuse :	2,2 kW Ø 1,5 m; 60 min <sup>-1</sup> : 9 l Ø 1,2 m; 800 min <sup>-1</sup> : 5,6 Ø 1 m; 1 000 min <sup>-1</sup> : 4 l (Mise en vitesse en 2 r un couple de 2 <i>M</i> <sub>n</sub> )	5 kW kW	P = m	$g\frac{v}{\eta}$	g : accélé ν : vitesse η : render - réducte	ne (charge) eration = 9,8 e de levage e ment du treu eur à engrena eur à vis ~ 0	en m/s uil ages = 0,8
	APPA	REILS DE POMPAGE			APPAR	EILS DE V	ENTILATIO	N
PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT P <sub>e</sub>	$P = g \frac{q h}{1000 \eta}$	$P$ en kW g = 9,81 m/s <sup>2</sup> $q$ en l/s : débit d'eau $h$ : hauteur manométriqu $\eta$ : rendement de la pom – pompe centrifuge $\approx 0$ , – pompe à piston $\approx 0,66$ $h = h_a + h_r + p$ $h$ : hauteur manométriq $h_a$ : hauteur d'aspiration $h_r$ : hauteur de refoulem $p$ : pertes de charges en mètres de hauteur d'a	npe ,6 5 uue en m en m ent en m évaluées	P = g	qp 000 η	η : render	m/s <sup>2</sup>	tilateur ≃ 0,25
		les conduites.	sau dans	A	4			
1	APPAREILS DE	MOUVEMENTS HORIZO	NTAUX	1	1	V	①	suivant
	$P = \frac{Km  v}{6  115  \eta}$	P en kW m: charge en tonne v: vitesse en m/min η: rendement du réduc - réducteur à engrenage - réducteur à vis ≈ 0,55 K: coefficient de ro (courbes ci-contre) ① Galets acier montés s ② Galets acier montés s ments Ø des galets en mm	es ≈ 0,8 bulement ur paliers	10	100	200	300	400 mm
	Abaques des co de machine ent	ouples résistants M <sub>r</sub> /M' <sub>n</sub> traînée.	en foncti	on de la fr	équenc	e de rotati	on <i>n/n</i> <sub>n</sub> sui	vant le type
12.1.2.3. COUPLE RÉSISTANT M <sub>T</sub>	n <sub>n</sub> : fréquence de DIFFÉRENTS T ① Transmissions à vide. ② Machines cen charge (kn²). ④ Pompes hélic Pompes à hél ⑤ Machines à c ⑥ Compresseur sans décomp ⑦ Petits compres	stant nominal de rotation relative. e rotation nominale.  YPES DE MACHINES s démarrant entièrement trifuges démarrant à vide. ntrifuges démarrant en ocentrifuges. lices. ouple constant. rs à piston démarrant ression. sseurs monocylindriques. norizontaux des charges	1 0	© ©		0.5		(a) (b) (c) (c) (d) (d) (d) (d) (d) (d) (d) (d) (d) (d

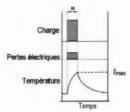
# SERVICE S1 (Service continu)



: fonctionnement à charge constante

t<sub>max</sub> : température maximale atteinte

**SERVICE S2** (Service temporaire)



: fonctionnement à charge

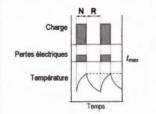
constante

: température maximale

atteinte

#### **SERVICE S3**

(Service intermittent périodique)



: fonctionnement à charge constante

: repos

R

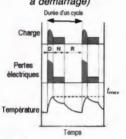
: température maximale

atteinte

Facteur de marche en % :  $k_{\rm m} = 100 . N / (N + R)$ 

#### **SERVICE S4**

(Service intermittent périodique à démarrage)



: démarrage

N : fonctionnement à charge

constante

: repos

D

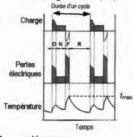
tmax : température maximale

atteinte

Facteur de marche en % :  $k_{\rm m} = 100 \cdot (D + N) / (N + R + D)$ 

#### **SERVICE S5**

(Service intermittent périodique à freinage électrique)



: démarrage

: fonctionnement à charge

constante

F : freinage électrique

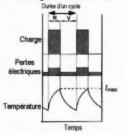
R : repos

: température maximale tmax atteinte

Facteur de marche en % :

#### SERVICE S6

(Service ininterrompu périodique à charge intermittente)



: fonctionnement à charge constante

: fonctionnement à vide

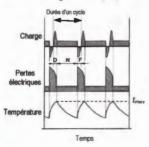
: température maximale

atteinte

Facteur de marche en % :  $k_{\rm m} = 100 \cdot (D + N + F)/(D + N + F + R) / k_{\rm m} = 100 \cdot (D + N + F)/(D + N + F + R)$ 

#### **SERVICE S7**

(Service ininterrompu périodique à freinage électrique)



: démarrage

: fonctionnement à charge constante

: freinage électrique

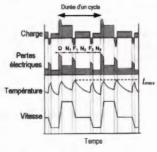
tmax : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :

 $k_{\rm m} = 100 \cdot (D + N + F) / (D + N + F + R)$ 

### **SERVICE S8**

(Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse)



: démarrage

F1, F2 : freinages électriques

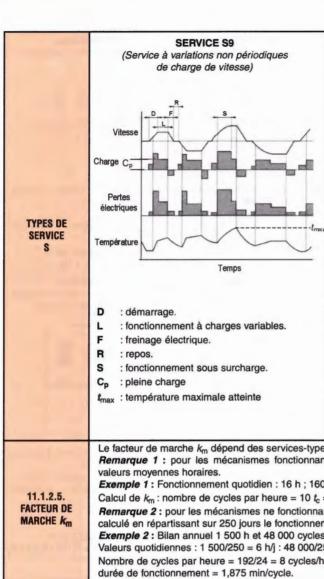
N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>: fonctionnements à charge constante

: température maximale atteinte tmax

Facteur de marche en % :

 $k_{\rm m} = 100 \cdot (D + N_1) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$  $k_{\rm m} = 100 \cdot (F_1 + N_2) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$ 

 $k_{\rm m} = 100 \cdot (F_2 + N_3) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$ 



# (Service à régimes constants distincts) Likita Charge L Pertes électriques Température Temps

**SERVICE S9** 

L : charge t : temps

T<sub>n</sub>: durée d'un cycle de régimes (1)

ti : durée d'un régime à l'intérieur d'un cycle

 $\Delta t_i : t_i/T_p$ : durée relative d'un régime à l'intérieur d'un cycle

L<sub>N</sub>: charge nominale pour le service S1

 $L_i$ : charge réduite =  $L_N / (L/N)$ 

t<sub>H</sub>: température à charge nominale pour le service

At : augmentation ou diminution de l'échauffement lors du jème régime du cycle

Le facteur de marche k<sub>m</sub> dépend des services-types S3 à S10 § 11.1.2.4. (services intermittents) Remarque 1 : pour les mécanismes fonctionnant irrégulièrement, ces durées sont ramenées à des

**Exemple 1:** Fonctionnement quotidien: 16 h; 160 cycles;  $t_D = 3 \text{ s}$ ;  $t_N 57 \text{ s}$  (valeurs moyennes).

Calcul de  $k_m$ : nombre de cycles par heure = 10  $t_c$  = 6 min ;  $k_m \approx 1/6 = 17 \%$  en service S4.

Remarque 2 : pour les mécanismes ne fonctionnant pas régulièrement , le fonctionnement quotidien est calculé en répartissant sur 250 jours le fonctionnement annuel.

Exemple 2: Bilan annuel 1 500 h et 48 000 cycles en service S3.

Valeurs quotidiennes: 1.500/250 = 6 h/j: 48.000/250 = 192 cycles/j:  $k_m = 6/24 = 25 \%$ .

Nombre de cycles par heure = 192/24 = 8 cycles/h; durée d'un cycle = 7,5 min;

La fréquence de rotation d'entraînement doit être proche de la fréquence de rotation de synchronisme du moteur. Suivant la fréquence f, elle permet de définir la polarité pm du moteur.

	1 = 50 HZ		ω:	= 314 ra/s	7 = 60 HZ		ω =	: 3/6,8 rd/s
11.1.2.6.	$n_{\rm s}$ (min <sup>-1</sup> )	$n_{\rm s}  ({\rm s}^{-1})$	Ω <sub>s</sub> (rd/s)	<i>p</i> <sub>m</sub>	n <sub>s</sub> (min <sup>-1</sup> )	$n_{\rm s}  ({\rm s}^{-1})$	$\Omega_{\rm s}$ (rd/s)	<i>P</i> <sub>m</sub>
FRÉQUENCE	3 000	50	314	2	3 600	60	376,8	2
DE ROTATION	1 500	25	157	4	1 800	30	188,4	4
n	1 000	16,66	104,67	6	1 000	20	125,6	6
	750	12,5	78,5	8	750	15	94,2	8

Elle se définit suivant la position de l'axe de la machine entraînée et le plan de fixation du moteur.

**AXE HORIZONTAL (B):** 

11.1.2.7. **FORME DE FIXATION** B OU V



B 3 (IM 1001)

B 35 (IM 2001) Mode de fixation combiné à patte et à bride



V 1 (IM 3011)

Mode de fixation à bride

Mode de fixation à pattes

H: hauteur d'axe (La fixation par bride se fait soit par trous lisses, soit par trous taraudés)

Exemple: construction code II En couleur : formes de construction courantes NFC 51 117 code international Type de bout d'arbre · Réalisations courantes suivant hauteurs d'axe IM 1 00 1 O Réalisations sous conditions et en accord avec le constructeur. Type à pattes ou à bride Position de fonctionnement FORMES DE HAUTEURS D'AXE NORMALISÉES H Code II Code I CONSTRUCTION 56 63 71 80 90 100 112 132 160 180 200 225 250 280 315 355 (B) IM 1001 IMB3 IM 3001 IMB5 IM 1051 IMB6 0 0 0 0 0 IM 1061 IMB7 ( 0 0 0 0 0 IM 1071 IMB8 0 0 0 0 0 • IM 3601 IMB14 IM 2101 **IMB34** IM 2001 **IMB35** FORMES DE HAUTEURS D'AXE NORMALISÉES H Code II Code I CONSTRUCTION 56 63 71 80 90 100 112 132 160 180 200 225 250 280 315 355 (V) IMV1 IM 3011 IM 3231 IMV2 0 0 0 0 0 0 0 IM 3031 IMV3 IMV4 IM 3211 0 0 0 0 0 0 0 IM 1011 IMV5 0 0 0 0 0 IMV6 IM 1031 0 0 0 0 0 IMV15 IM 2011 0 0 0 0 0 IM 3611 IMV<sub>18</sub> IMV19 IM 3631 IM 2031 IMV36 0 0 0 0 0

# 11.1.3. ENVIRONNEMENT

### • CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE & :

- La puissance nominale d'un moteur s'entend pour une ambiance qui n'atteint qu'exceptionnellement la température de 40 °C.
- Si ta > 40 °C, il y a lieu de tenir compte du facteur de correction k (Fig. 1)

### - Exemple 1:

Machine entraînée :  $P_a = 11$  kW.  $t_a = 50$  °C. Le graphe Fig. 1 donne  $k_1 = 0.9$  pour  $k_2 = 50$  °C.

Puissance minimale du moteur : P<sub>m</sub> = 11/0,9 = 12,2 kW.

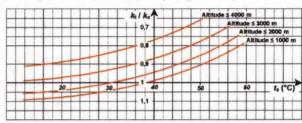
#### - Exemple 2:

Moteur de 15 kW. to = 55 °C.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_t = 0.85$  pour  $t_a = 55$  °C.

Puissance maximale du moteur :  $P_{\rm M} = 15 \times 0.85 = 12,75 \text{ kW}$ .

- La surclasse de l'isolant peut éviter ces corrections. (Voir § 11.1.3.2.)



11.1.3.1. **TEMPÉRATURE** ET ALTITUDE DE FONCTIONNEMENT

Fig. 1 - Facteurs de correction & et & pour un fonctionnement à ta = 40 °C et a = 1 000 m.

#### . CORRECTION SUIVANT L'ALTITUDE &:

- La puissance nominale d'un moteur s'entend pour une altitude de fonctionnement inférieure ou égale à 1 000 m.
- Si  $a_f > 1000$  m, il y a lieu de tenir compte du facteur de correction  $k_a$  (Fig. 1)

### - Exemple 3:

Machine entraînée :  $P_a = 11$  kW.  $a_f = 2000$  m.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_a = 0.94$  pour  $a_f = 2000$  m et  $t_a = 40$  °C.

Puissance minimale du moteur :  $P_m = 11/0,94 = 11,7$  kW à  $t_a = 40$  °C.

 $P_{\rm m} = 11$  kW à  $t_{\rm a} \le 32$  °C.

#### - Exemple 4:

Moteur de 15 kW af = 2 000 m.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_a = 0.94$  pour  $a_f = 2000$  m et  $t_a = 40$  °C.

Puissance maximale du moteur :  $P_M = 15 \times 0.94 = 14.1 \text{ kW à } t_a = 40 \,^{\circ}\text{C}$ .

(NFC 51 111) (CEI 34-11)	ÉCHAUFFEMENT LIMITE Δt (si t <sub>a</sub> ≤ 40 °C)	TEMPÉRATURE LIMITE $t_a + \Delta t (t_a = 40 \text{ °C})$
Classe A	60 °C	100 °C
Classe E	75 °C	115 °C
Classe B	80 °C	120 °C
Classe F	100 °C	140 °C
Classe H	125 °C	165 °C

$$P_{\rm M} = 15 \text{ kW à } t_{\rm a} \le 32 \,^{\circ}\text{C}.$$

Ce tableau est valable si  $t_a \le 40$  °C et si  $a_f$  (altitude de fonctionnement)  $\le 1\,000$  m.

Dans ces conditions, on peut attendre une durée de vie de l'isolant de l'ordre de 10<sup>5</sup> h.

Nota: La classe de l'isolant (bobinage) peut éviter une correction de P si la température ambiante  $t_a > 40$ **Exemple**: Machine entraînée  $P_e = 12 \text{ kW}$   $t_a = 55 \,^{\circ}\text{C}$   $a_f < 1 \,000 \text{ m}$ .

a) Choix du moteur en classe d'isolement E :

correction de puissance :  $k_t = 0.85$  (§ 11.1.3.1. Fig. 1) P<sub>M</sub> = 12 × 100/85 : 14,11 kW → Puissance normalisée 15 kW (§. 11.1.5.3.)

b) Choix de la classe d'isolement suivant ta :

La classe E donne comme  $t_a + \Delta t = 115$  °C

Pour la même variation de température  $\Delta t = 75$  °C. Il faut choisir un moteur de classe d'isolement telle que la température limite soit  $t_a + \Delta t = 55 + 75 = 130$  °C

→ Classe F

Puissance du moteur  $P_{\rm M} = 12$  kW (même puissance car  $\Delta t$  plus faible)

→ Puissance normalisée : 13 kW (§ 11.1.5.3.) Solutions: Moteur de 15 kW en classe E

ou Moteur de 13 kW en classe F

11.1.3.2.

**CLASSE DES** 

**ISOLANTS** 

#### CRITÈRES DE CHOIX :

(Ce sont des critères économiques)

- a) Si P<sub>m</sub> augmente : le prix du moteur augmente
- **b)** Si la classe d'isolement augmente : le prix du moteur augmente
- c) Si le moteur ne fournit pas une puissance proche de sa puissance nominale : les pertes du moteur augmentent ( $\eta$  du moteur)
- d) Si pour une même classe d'isolement,  $t_{\rm a}+\Delta t$  est supérieure à la température limite fixée par la norme, la durée de vie de l'isolant diminue (Fig.2).

Les critères (a) et (b) dépendent du tarif constructeur.

Le critère (c) dépend du  $\eta$  du moteur et du prix du kW/h.

Le critère (d) peut dépendre du vieillissement thermique souhaité suivant le facteur de marche.

**Exemple**: Soit un moteur fonctionnant 3 h/jour pendant 250 jours (cas courant des machines agricoles)

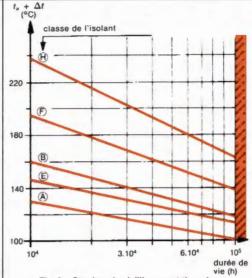
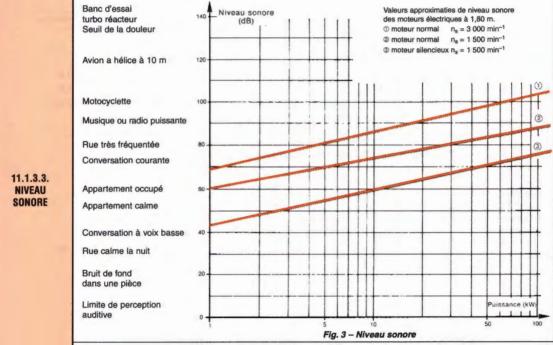


Fig. 2 - Courbes de vieillissement thermique.

Pour une température réglementaire d'un moteur classe E la durée de vie est de  $10^5/3 \times 250 = 134$  ans (?) Si on admet une augmentation de 20 °C de l'échauffement réglementaire, la courbe de vieillissement thermique donne une durée de vie de  $2.10^4$  h soit  $2.10^4/3 \times 250 = 27$  ans.



#### Exemples :

- Atelier de chaudronnerie 110 à 120 dB: (niveau sonore peu perturbé par un moteur électrique 1 500 min<sup>-1</sup>)
- Atelier de mécanique avec machines-outils 88 à 100 dB : (niveau sonore perturbé par un moteur électrique 3 000 min<sup>-1</sup>)

#### 11.1.3.4. VOLUME DU LOCAL

Le volume du local doit être tel que le renouvellement d'air Q en  $m^3/h$  soit suffisant pour assurer le fonctionnement normal du moteur. (Refroidissement).

**Exemple**: Moteur LS 160 L4 - 15 kW Le § 11.1.12.4. indique  $\eta = 0.88$ .  $Q = 0.2 \times 15 (1/0.88 - 1) = 0.37 \text{ m}^3/\text{h}$ 

$$Q = 0.2 P_{\text{n}} \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)$$
(kW)

P<sub>n</sub>: puissance utile du moteur η: rendement du moteur

## 11.1.4. CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

### 11.1.4.1. **TENSION DE FONCTIONNEMENT**

Le renouvellement d'air doit être de : 0,37 m3/h

- INSTALLATION MONOPHASÉE (U): 230 V\* 400 V\*
- INSTALLATION TRIPHASÉE (U<sub>0</sub>/U): 230/400 V\* 400/690 V.
  - Ces tensions sont normalisées internationalement avec des tolérances de + 6 % 10 %. Les autres tensions ont des tolérances limitées à ± 10 %.
- FRÉQUENCE (f):

Elle est de 50 Hz ± 2 % sur les réseaux de distribution publique en France.

11.1.4.2.
VARIATIONS
DE TENSION
11'/11

Tension U'	U	0,95 <i>U</i>	1,05 <i>U</i>		
Courant de démarrage	l <sub>d</sub>	≃ 0,95 / <sub>d</sub>	≃ 1,05 / <sub>d</sub>		
Courant nominal	I <sub>n</sub>	$1 \le /_{n} \le 1,05$	0,95 ≤ l <sub>n</sub> ≤ 1		
Couple de démarrage	M <sub>d</sub>	≃ 0,88 <i>M</i> <sub>n</sub>	≃ 1,12 <i>M</i> <sub>d</sub>		
Couple nominal	Mn	≃ 0,88 <i>M</i> <sub>n</sub>	≃ 1,12 <i>M</i> <sub>n</sub>		
Glissement $\left(\frac{n_s - n_n}{n}\right)$	g <sub>n</sub>	≃ 1,13 <i>g</i> <sub>n</sub>	≃ 0,9 g <sub>n</sub>		

	TYPES DE RACCORDEMENT	uIU	CHUTES DE TENSION u (V)				
	(FORCE MOTRICE)	(NFC 15.100 § 525)	230 V	400 V	690 V		
Ø	Installations raccordées directement à un réseau de distribution publique BT	5 %	11,5	20	34,5		
(	) Installations alimentées par un poste de livrai- son ou par un poste de transformation à partir d'un réseau HT	8 %	18,4	32	55,2		

Fig. 4 - Chutes de tension admises entre l'origine de l'installation et tout point de l'utilisation.

#### Modification des grandeurs principales d'un moteur suivant la tension U

- Contrôle de la chute de tension u :
- \* Il faut connaître : le facteur de puissance cos  $\varphi$  : type de raccordement (A) cos  $\varphi$  = 0,9

type de raccordement (B) cos  $\varphi = 0.8$ 

moteur au démarrage  $\cos \varphi = 0.35$ 

- la longueur de la ligne L en km
- la section S des conducteurs en mm2
- le matériau des conducteurs (cuivre ou aluminium).
- \* Contrôler la chute de tension sur les abaques Fig. 5, 6 ou 7. (Pour plus de renseignements se reporter au chapitre 6.)

11.1.4.3. CHUTE DE **TENSION EN LIGNE** 

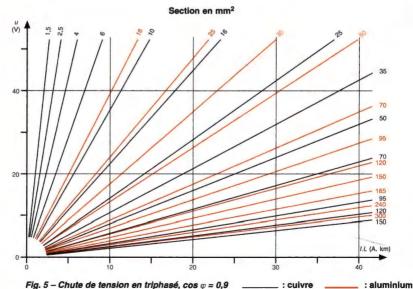
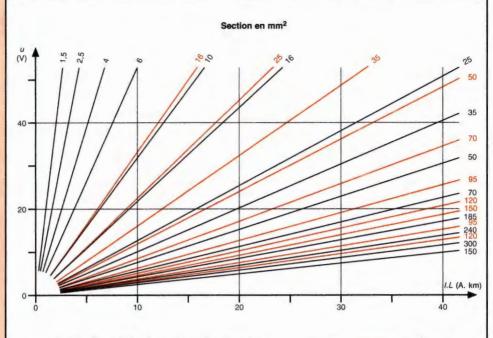
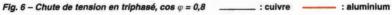
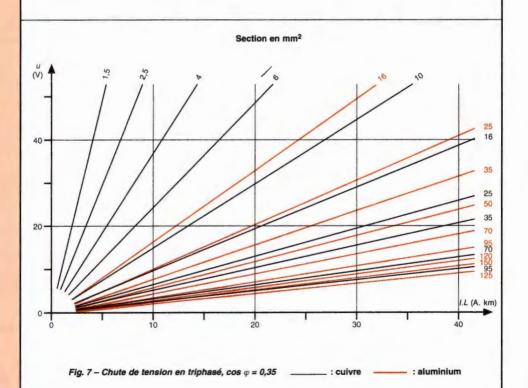


Fig. 5 – Chute de tension en triphasé,  $\cos \varphi = 0.9$ \_ : cuivre \_







S MOTEURS (kW)  Avec démarreur 400 V	INTENSITÉS MAXI DE DÉMARRAGE (A) 45
-	
-	100
-	200
11	60
22	125
45	250
	22

# ABAQUE DE DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DE COMPENSATION NÉCESSAIRE À L'AMÉLIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE.

Les distributeurs d'énergie électrique demandent à leurs clients d'avoir des charges dont le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) soit le plus proche possible de 1 ou au moins supérieur à 0,93.

Les moteurs asynchrones absorbent d'autant plus d'énergie réactive (Q) que leur charge d'entraînement est faible.

L'abaque ci-contre permet de déterminer l'énergie réactive nécessaire au redressement du facteur de puissance en fonction des caractéristiques du moteur.

> Puissance réactive pour relever le cos  $\varphi$ de 0,85 à 0,95

OPTIMISATION
DE
L'UTILISATION
DES MOTEURS
ASYNCHRONES
PAR
REDRESSEMENT

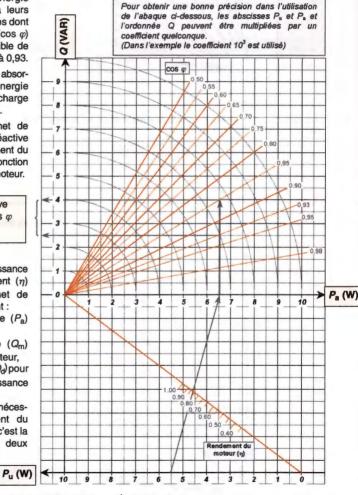
DU COS @

11.1.4.5.

#### Méthode:

Pour un moteur de puissance utile  $(P_{\rm u})$  et de rendement  $(\eta)$  donnés, l'abaque permet de déterminer graphiquement :

- la puissance absorbée (P<sub>a</sub>) par le moteur,
- la puissance réactive (Q<sub>m</sub>) consommée par le moteur,
- la puissance réactive (Q<sub>d</sub>) pour obtenir le facteur de puissance (cos φ) désiré,
- la puissance réactive nécessaire au redressement du facteur de puissance (c'est la différence entre ces deux puissances réactives).



#### Exemple :

Moteur asynchrone triphasé de 5,5 kW ; 1 500 min<sup>-1</sup> ; 400 V ; 50 Hz.

Le tableau § 11.1.12.4. indique un moteur du type LS 132 S/4 :  $\eta$  = 0,83 et cos  $\varphi$  = 0,85 à pleine charge. L'abaque ci-dessus donne :

 $P_a = 6.5 \text{ kW pour } P_u = 5.5 \text{ kW et } \eta = 0.83 \text{ ;}$ 

 $Q_{\rm m} = 4 \text{ kVAR pour cos } \varphi = 0.85$ ;

 $Q_{\rm d}$  = 2,5 kVAR pour cos  $\varphi$  = 0,93.

La puissance réactive nécessaire au redressement de cos  $\varphi$  de 0,85 à 0,93 est de 1,5 kVAR. Cette puissance réactive pourra être donnée par des condensateurs telle que  $Q=U^2$   $C_{00}$   $\sqrt{3}$  en triphasé.

## 11.1.5. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE NOMINALE DES MOTEURS

#### • Correction suivant la fréquence de rotation (n ≠ n<sub>n</sub>)

La fréquence de rotation dépend de la fréquence f.

#### Note:

La courbe est donnée pour du matériel courant  $(n/n_n \le 1,2)$ 

#### Exemple:

Machine entraînée : Pe = 10 kW

Fréquence de rotation :  $n/n_n = 0,4$ .

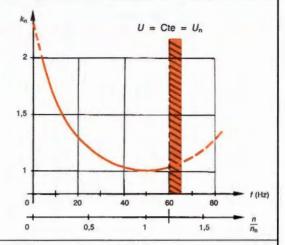
$$k_{\rm n} \ge 1,28$$

$$P_{\rm m} \ge 1.28 \times 10 = 12.8 \text{ kW}$$

P<sub>m</sub>: puissance minimale du moteur

Pe: puissance d'entraînement (§ 11.1.2.2.)

Fig. 8 – Courbe donnant le coefficient correcteur  $k_n$  pour moteurs standard non ventilés



#### 11.1.5.1. CORRECTION SUIVANT LA FRÉQUENCE DE ROTATION

# CAS DU FONCTIONNEMENT À PUISSANCE CONSTANTE

- Pour un fonctionnement à P = constante, c'est le couple qui conditionne le choix d'un moteur.
- -P moteur =  $M_{\text{maxi}}$  .  $\Omega_{\text{maxi}}$
- Le couple fourni par le moteur ne peut guère dépasser M<sub>maxi</sub>

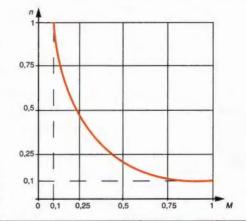


Fig. 9 – Variation du couple en fonction de la fréquence de rotation pour un fonctionnement à P = constante

• Exemple: On désire un fonctionnement à P = constante = 10 kW dans un rapport de vitesse de 1 à 10 Fréquence de rotation maximale = 1 500 min<sup>-1</sup>.

Choix du moteur :

- à 1 500 min<sup>-1</sup>, il faut un couple d'entraînement de :

$$M = P/\Omega$$
  $\Omega = \pi n/30$   $M = \frac{10^4 \times 30}{\pi \times 1500} = 63,7$  Nm

Un moteur de 10 kW ne peut pas fournir plus de 63,7 Nm quelle que soit la fréquence de rotation.

 à 150 min<sup>-1</sup>, il faut un couple d'entraînement de 637 Nm. Le moteur doit posséder les deux caractéristiques suivantes :

$$M_{\text{maxi}} = 637 \text{ Nm}$$
  $n_{\text{maxi}} = 1500 \text{ min}^{-1}$ 

Soit un moteur de 100 kW, 1 500 min<sup>-1</sup> pour obtenir une puissance constante de 10 kW dans une plage de vitesse de 150 à 1 500 min<sup>-1</sup>.

La courbe (Fig. 9) donne la variation de M suivant n pour un tel fonctionnement.

• Remarque: Un tour fonctionne à puissance constante (effort de coupe constant) alors qu'un treuil fonctionne à couple constant (m.g.l = constante).

# 11.1.5.2. PUISSANCES NORMALISÉES DES MOTEURS Pn

- Détermination de la puissance minimale  $P_{\mathrm{m}}$  d'un moteur :
- conditions normales :  $P_{\rm m} = P_{\rm e}$
- conditions particulières :  $P_{\rm m} = P_{\rm e} \frac{k_{\rm n}}{k_{\rm t} \cdot k_{\rm a}}$  (§ 11.1.3.1. et 11.1.5.1.)
- Détermination de la puissance nominale  $P_n$  d'un moteur  $P_n \ge P_e$  (Les puissances normalisées  $P_n$  figurent dans le tableau § 11.1.5.3.)

	In s	ous	n	= 3 000	min <sup>-1</sup>	n	= 1 50	0 min <sup>-1</sup>	n	= 1 000	) min <sup>-1</sup>	п	= 750	min <sup>-1</sup>
P <sub>n</sub>	230* V (A)	400* V (A)	14	Md	Н	$\frac{I_d}{I_n}$	Md	Н	$\frac{I_d}{I_p}$	M <sub>d</sub>	н	$\frac{I_d}{I_n}$	Md	Н
			In	Mn		'n	Mn	UT 1 1111			arrest to		M <sub>n</sub>	
0,075	0,9	0,5	-	-		-	-	-	-	-	-	2,5	1,8	71 L/63
0,09	1,1	0,6	-	-	-	3	2,2	56 S	-	10	74 1 100 1	0.5	- 4.0	74 1 100
0,12	1,2	0,7	- 0.4	-	-	3	2	56 M	3	1,9	71 L/63 L	2,5	1,8	71 L/63
0,18	1,6	0,9	3,4	2,4	63 M/56 M	3	2	63 M/56 M	3	1,9	71 L/63 L 71 L/63 L	3,1	2,3	80 L/71
0,25	1,8	1,3	3,4	2,4	63 M/56 M		2 2	71 M/63 L		1,9	80 L/71 L	3,2	2	
0,37	1,8	1,3 1,6	4,2 5	2,1	63 L 80 L/71 L	3,2 4,2	2	80 L/71 L 80 L/71 L	3,2 3,5	1,6	80 L/71 L	3,2	2	90 S 90 L
0,55	2,75 3.5	2	5	2,4	80 L/71 L	4,2	2	80 L/71 L	4,7	2,6	90 S	3,5	2.1	100 L/9
0,75	3,5	2	5	2,2	80 L// I L	4,2	2	80 L//1 L	4,7	2,0	90.5	3,3	2,1	100 1/9
1,1	4,4	2,6	5,5	2,3	80 L/71 L	5,2	2	90 S	4,4	2,5	90 L	3,5	1,9	100 L/9
1,5	6	3,5	5,5	2,3	90 S	5	2	90 L	4,2	2,4	100 L/90 L	4,2	2,4	112 M/10
1,85	7,8	4,5	-	-		5	2	90 L	4,6	2,1	100 L/90 L		-	-
2,2	8,7	5	5,5	2,3	90 L	5	2	100 L/90 L	5,6	2,3	112 M/100 L	4,5	4,8	132 5
3	11,5	6,6	6,8	3,2	100 L/90 L	5,8	2,3	100 L/90 L	5,3	1,9	132 S	4,6	4,8	132 N
4	14,5	8,5	6,8	3,2	112 M	6,9	2,8	112 M/100 L	5,8	2,5	132 M	6	2,5	160 N
5,5	20	11,5	6,8	3,2	132 S	6,9	2,4	132 S	6,3	2,3	132 M	6,7	2,4	160 N
7,5	27	15,5	6,8	3	132 S	6,9	2,4	132 M	6	2,3	160 M	6,5	2,6	160 L
9	33	19	8	3,3	132 M	6,9	2,4	132 M	-	-	-	5,6	1,8	180 N
10	35	20	6,8	3,2	132 M	6,8	2,6	160 M	6,6	2,3	160 M	-	-	-
11	39	22	6,8	3	160 M/132 M	6,5	2,8	160 M	6,8	2,4	160 L	5,5	1,7	180 L
13	46,8	27	6,2	1,9	160 M	-	-	-	6,2	1,9	180 M	5,6	1,8	200 1
15	52	30	8	3,3	160 M	6,5	2,8	160 L	6,8	2,4	180 L	5,5	1,7	200 L
18,5	64	37	8	3,3	160 L	6,9	2,3	180 M	6,2	1,9	200 L	5,7	1,6	225 8
22	75	44	7,5	2,2	180 M	6,9	2,3	180 L	6,2	1,9	200 L	5,8	1,6	225 N
25	88	50	-	-	-	6,8	2	200 L	6,2	1,9	225 S	-	-	-
30	103	60	7,3	1,9	200 L	6,8	2	200 L	6,2	1,9	225 M	5,5	1,8	250 N
37	126	72,5	7,3	1,9	200 L	6,8	2	225 S	6,2	1,9	250 M	6	1,7	280 8
45	147	85	7,3	1,9	225 M	7,3	2,2	225 M	6,8	1,8	280 S	5,5	1,6	280 N
55	182	106	7,5	2,2	250 M	7,3	2,2	250 M	6,8	1,8	280 M	6,2	1,8	315 8
75	239	138	6,1	1,9	280 S	7,3	2	280 S	6,8	1,8	315 S	6,3	1,9	315 N
90	295	170	6,6	1,7	280 M	7,3	1,9	280 M	6,8	1,8	315 M	6,3	1,9	315 L
110	356	205	7,3	1,9	315 S	7,3	1,9	315 S	6,2	1,7	315 L	6,3	1,9	315 l
132	425	254	7,3	1,9	315 M	7,5	2	315 M	6,2	1,7	315 L	6,2	1,8	355 L
160	560	300	7,5	1,8	315 L	7,6	1,9	315 L	6,2	1,7	315 L	6,3	1,9	355 L
200	640	370	7,5	1,8	315 L	7,6	1,9	315 L	7,5	1,8	355 L	-	-	-
220	710	408	7,5	1,8	355 L	7,6	1,9	355 L	7,5	1,8	355 L	-		-
250	823	475	7,5	1,8	355 L	7,6	1,9	355 L		-	-	-	-	-
300	1 000	584	7,5	1,8	355 L	7,6	2	355 L	-	-	-	-	-	-

**Note:** Machine entraînée  $P_e = 14 \text{ kW}$ 

 $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ 

11-400

Le tableau ci-dessus indique :  $P_n = 15 \text{ kW}$ 

 $I_{\rm n} = 30 \text{ A sous } 400 \text{ V}$ 

 $M_{\rm d} / M_{\rm n} = 2.8$ 

Courant de démarrage :  $I_d = 30 \times 6,5 = 195 \text{ A}$ 

Hauteur d'axe : 160 L

#### Note:

H = hauteur d'axe

La lettre qui suit la hauteur d'axe indique la longueur de la carcasse : S ; M ; L.

Désignation des carcasses :

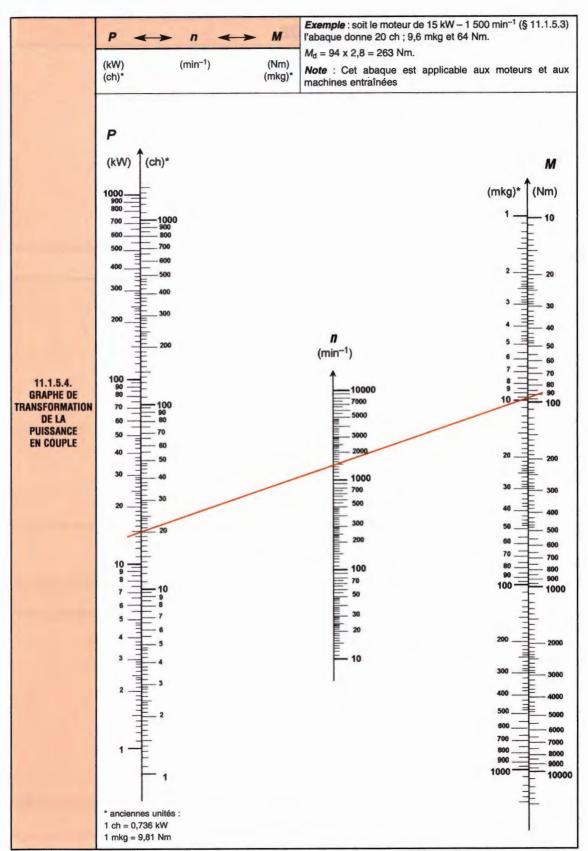
S : Short = courte

M: Médium = moyenne

L : Long = longue.

\* : en triphasé

11.1.5.3
PUISSANCES
COUPLES
COURANTS
HAUTEURS
D'AXE



11.1.6. CO	ONDITIONS DE DÉMARRAGE
11.1.6.1. POINTES DE COURANT DU DÉMARRAGE ID, Id, I'd	• Courant de démarrage direct $I_d$ :  Le constructeur indique $I_d$ / $I_n$ ainsi que $I_n$ (§ 11.1.11.)  On peut également lire ces valeurs dans le tableau (§ 11.1.5.3.)  Exemple: Moteur 11 kW alimenté sous 400 V entre phases, $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ Le § 11.1.5.3. donne: $I_n = 22 \text{ A} I_d$ / $I_n = 6.5$ $I_d = 22 \times 6.5 = 143 \text{ A}$ • Courant de démarrage $I'_d$ :  Pour un démarrage direct: $I'_d = I_d$ Dans les autres cas: $I'_d < I_d$ Le choix de $I'_d$ (donc du démarreur) dépend du courant admissible $I_p$ (§ 11.1.4.4.) et du courant admissible en ligne (appareil de protection).
11.1.6.2. COUPLES MOTEUR M <sub>d</sub> , M <sub>n</sub> , M' <sub>d</sub>	• Couple de démarrage direct $M_d$ :  Le constructeur indique $M_d/M_n$ (§ 11.1.11.)  On peut également lire ces valeurs dans le tableau (§ 11.1.5.3.)  Exemple: Moteur 11 kW - $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ .  Le § 11.1.5.3. donne $M_d/M_n = 2,8$ L'abaque § 11.1.5.4. donne $M_n = 70 \text{ Nm}$ . $M_d = 70 \times 2,8 = 196 \text{ Nm}$ .  • Couple de démarrage $M'_d$ :  Le couple $M'_d$ dépend du choix du démarreur (§ 11.1.7.)  Démarrage direct : $M'_d = M_d$ Autres cas : $M'_d < M_d$
11.1.6.3. COUPLES RÉSISTANTS M <sub>r</sub> , M'n	Le moteur fournit un couple relatif au démarrage $M_{\rm d}$ / $M_{\rm n}$ .  La machine entraînée nécessite un couple relatif $M_{\rm f}$ / $M'_{\rm n}$ (§ 11.1.2.3.).  L'abaque de transformation (§ 11.1.5.4.) permet, connaissant la puissance et la fréquence de rotation, de déterminer les couples.  Pour que le démarrage et le fonctionnement soient possibles il faut que, quelle que soit la fréquence de rotation, le couple moteur soit toujours supérieur au couple résistant.  Exemple: Machine entraînée: (Compresseur à piston) $P_{\rm e} = 20~{\rm kW}$ à 1 500 min <sup>-1</sup> environ  Moteur $P_{\rm n} = 22~{\rm kW}$ à 1 500 min <sup>-1</sup> environ  La courbe (§ 11.1.2.3.) donne $M_{\rm f}$ / $M'_{\rm n} = 2$ (courbe ⑥)  Le tableau (§ 11.1.5.3.) donne $M_{\rm d}$ / $M_{\rm f} = 2,3$ L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne $M'_{\rm n}$ du compresseur = 130 Nm. $M_{\rm n}$ du moteur = 140 Nm. $M_{\rm d} = 140 \times 2,3 = 322~{\rm Nm}$ $M_{\rm d} > M_{\rm f}$ L'ensemble peut démarrer (Le couple au démarrage du moteur peut être légèrement réduit dans les limites de § 11.1.6.4.).  Dans tous les cas s'assurer que le couple moteur reste supérieur au couple résistant.

M'd/M'n: couple de démarrage relatif ramené à la machine entraînée (M'd dépend du mode de démarrage)

Ma/Mn: couple accélérateur relatif ramené au moteur

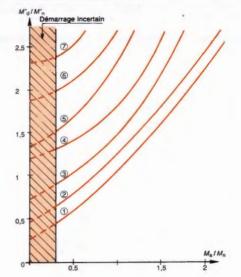
Au démarrage :  $M_a \simeq M_m - M_r$ 

M'n: couple nominal résistant

Mn: couple nominal moteur

Mm: couple moteur

Mr: couple résistant



#### Différents types de machines :

- 1 Transmission démarrant entièrement à vide
- 2 Machines centrifuges démarrant à vide
- (3) Machines centrifuges démarrant en charge (kn²)
- 4 Pompes hélicoïdales centrifuges Pompes à hélice
- (5) Machines à couple constant
- (6) Compresseurs à pistons démarrant sans décompression
- Petits compresseurs monocylindriques Mouvements horizontaux des charges suspendues

#### Remarques:

11.1.6.4. COUPLE

**ACCÉLÉRATEUR** 

Ces courbes sont données pour une première évaluation du couple accélérateur ; elles ne dispensent pas d'un calcul qui nécessite la connaissance exacte de  $M_m$  et de  $M_r$  en fonction de la fréquence de rotation.

Exemple: Machine entraînée à 1 500 min-1

 $M_r \simeq \text{Constante } P_e = 32 \text{ kW}$ 

La courbe (§ 11.1.2.3.) donne au démarrage

 $M_r / M'_a \simeq 1,1$  pour la machine entraînée.

Le tableau (§ 11.1.5.3.) donne  $P_n = 37 \text{ kW}$ .  $M_{\rm d}$  /  $M_{\rm n}$  = 2 pour le moteur.

L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne  $M'_n \approx 210 \text{ Nm}$ .  $M_{\rm n} \simeq 250$  Nm.

**Calculs**:  $M_d$  moteur =  $M'_d$  = 250 x 2 = 500 Nm

(démarrage direct)

 $M_r$  machine = 210 x 1,1 = 230 Nm

 $M'_{\rm d} / M'_{\rm p} = 500/210 = 2,38$ 

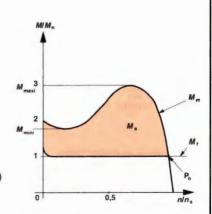
(M'd / M'n : couple de démarrage ramené au couple de la machine entraînée)

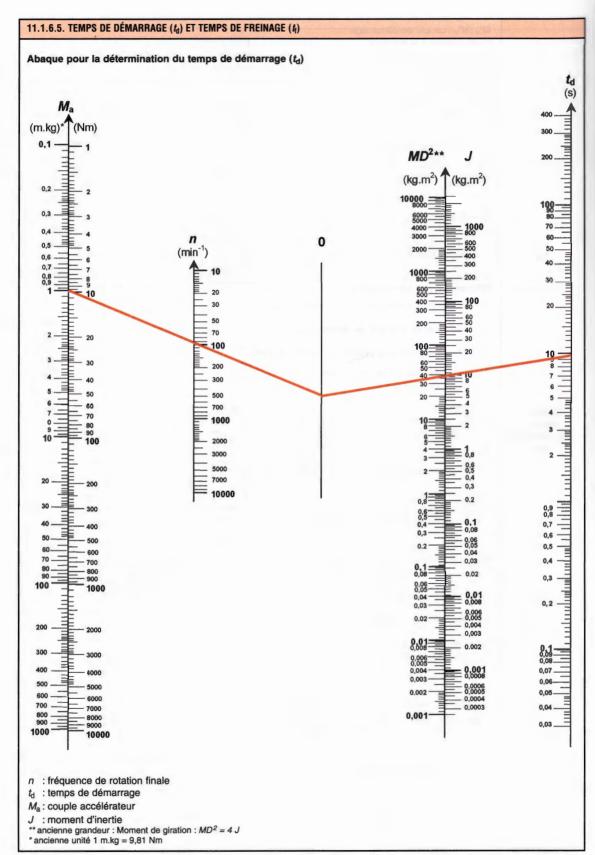
La courbe (5) (§ 11.1.6.4.) donne  $M_a / M_p = 1,02$ 

(Ma/Mn: couple accélérateur ramené au couple du moteur)

 $\rightarrow M_a = 250 \times 1,02 = 255 \text{ Nm}$ 

Représentation du Mm, Mr et Ma ramenés au couple nominal du moteur Mn en fonction de la fréquence de rotation  $n / n_n$ .





#### Détermination du temps de démarrage t<sub>d</sub> par le calcul:

$$t_{\rm d} = 2,67 \cdot 10^{-3} \frac{MD^2 \cdot n}{M_{\rm a}^*} = 0,107 \frac{J \cdot n}{M_{\rm a}}$$

à contre-courant)

t<sub>d</sub>: temps de démarrage en secondes

J: moment d'inertie total ramené à n en kg.m²

: fréquence de rotation finale en min-1

Ma\* : couple accélérateur en m.kg. Ma : couple accélérateur en Nm

MD2: moment de giration total ramené à n en kg.m2

#### Détermination du temps de freinage & par le calcul :

$$t_i = 0.281 \cdot 10^{-6} \frac{MD^2 \cdot n^2}{P} = 1,125 \cdot 10^{-6} \frac{J \cdot n^2}{P}$$
 (freinage électrique à contre-courant)

: temps de freinage en secondes

J : moment d'inertie total ramené à n en kg.m²

: fréquence de rotation au début du freinage en min-1

: puissance de freinage en kW

MD2: moment de giration total ramené à n en kg.m2

## TEMPS DE DÉMARRAGE DE FREINAGE

#### Exemple:

- Une machine entraînée par l'intermédiaire d'un réducteur ( $K_r = 10$ ) présente un moment d'inertie de 9,15 kg.m<sup>2</sup> (ou un moment de giration MD<sup>2</sup> de 36,6 kg m<sup>2</sup>)
- Le réducteur présente une inertie de 0,5 kg.m² ramenée sur son arbre d'entrée.
- Le moteur d'entraînement est du type LS 132 S/4.
- Le couple accélérateur fourni par l'arbre de sortie du réducteur est de 10 Nm jusqu'à 100 min<sup>-1</sup>.
- Définir le temps pour atteindre 100 min<sup>-1</sup>.
- Définir le temps de freinage à partir de la vitesse nominale du moteur (Pf = Pn).
- Temps de démarrage t<sub>d</sub> pour atteindre 100 min<sup>-1</sup> à la sortie du réducteur : J à 100 min<sup>-1</sup> = 9,15 kg.m<sup>2</sup>.
- L'abaque § 11.1.6.5. indique t<sub>d</sub> : 10 s.
- Le calcul donne  $t_d = 0,107 \times 9,15 \times 100/10 = 9,8$  s.

#### • Temps de freinage t du moteur :

- Le tableau § 11.1.12.4. donne J rotor = 0,021 125 kg.m² à 1 435 min<sup>-1</sup>

Pn: 5,5 kW

J total ramené à 1 435 min<sup>-1</sup>:  $(0,021\ 125 + 0,5 + 9,15/10^2) = 0,6125\ kg.m^2$ 

- Le calcul donne  $t_i = 1,125 \cdot 10^{-6} = \frac{0,6125 \times 1 \cdot 435^2}{5.5} \simeq 0.3 \text{ s.}$ 

(On suppose un freinage à contre-courant sans limitation de l<sub>t</sub>)

## 11.1.7. CHOIX DU DÉMARREUR

Votes

Petite puissance (PP) : P<sub>e</sub> ≤ 10 kW environ

- Puissance moyenne (PM) :  $10 < P_e \le 100$  kW environ

- Grande puissance (PG) : P<sub>e</sub> > 100 kW environ.

Légendes :

- Modes de démarrage : O : oui

N : non

P : possible

-	Conditi	ons de mise				1 1				. 1.7.1			
Types de machines		route	Pu	issan	ces	Réseau			Mo	odes de démarrage			
(Exemples)	$M_d/M_n$	J	PP	PM	PG	> 8 In	< 8 In	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	RR
Machines-outils	≤ 0,5	faible	X			Х		0	Р	Р	Р	N	N
(tours, fraiseuses			X				X	N	0	Р	Р	N	N
rectifieuses)				Х		X		0	Р	Р	Р	N	P*
				Х			X	N	0	Р	Р	N	0°
	≤ 0,5	important	X			X		0	Р	Р	Р	N	P*
			X				X	N	0	Р	Р	N	P*
				X		X		0	Р	P	Р	N	P*
				X			Х	N	0	Р	Р	N	0,
Machines à bois	≤ 0,5	sans	X			X		0	Р	Р	P	N	N
(scie circulaire, scie à ruban,		volant	X				X	N	0	P	P	N	N
raboteuse,				X		Х		0	Р	P	P	N	P*
fraise)				X			X	N	0	Р	Р	N	0,
	≤ 0,5	avec volant	X			X		0	Р	P	Р	N	P*
			X				X	N	0	P	P	N	P*
				X		X		0	P	P	P	N	P.
				X			X	N	0	Р		N	_
Pompes centrifuges	≤ 0,5	faible	X			X		0	P	Р	P	N	N
(vanne fermée)			X				X	N	0	P	P	N	N
				X		X	x	O N	N	N	0	N	P*
				^	x	×	^	0	N	N	P	N	N
					x	^	x	N	N	N	0	P	0,
		6.11.1	~	-	^	x		0	N	N	Р	N	N
Pompes centrifuges (vanne ouverte)	0,8 à	faible	X			^	X	N	N	N	0	N	N
(14.11.0 0410.10)	1		^	X		x	_ ^	0	N	N	P	N	P*
				X		,	X	N	N	N	0	N	0.
					X	X		0	N	N	P	Р	Р
					X		X	N	N	N	0	Р	0
Pompes centrifuges	0,5	important		X		X		Р	N	N	N	Р	0
(vanne ouverte ou	à	Important		X			X	N	N	N	N	P	0
fermée)	1				X	X		Р	N	N	N	0	0
					X		X	N	N	N	N	0	0
Ventilateurs (aspi-	1	faible	X			Х		0	N	N	Р	N	N
rateurs, turbine)		t <sub>d</sub> ≤ 8 s	X				X	N	N	N	0	N	N
		Faible		Х		X		0	N	N	Р	N	P*
		t <sub>d</sub> ≤ 10 s		X			X	N	N	N	0	N	0,
					X	X		0	N	N	Р	Р	P
					X		X	N	N	N	0	Р	0
		Important	X			Х		Р	N	N	P	N	0
		$t_{\rm d} \le 10  \rm s$	X				Х	N	N	N	Р	N	0
				X		X		Р	N	N	N	N	0
				Х			Х	N	N	N	N	N	0
					X	X		Р	N	N	N	N	0
					X		X	N	N	N	N	N	0

11.1.7.1.
CHOIX DU
DÉMARREUR
SUIVANT
LE TYPE
DE MACHINE
ENTRAÎNÉE

Types de machines		ons de mise route	Pu	issan	es	Réseau			Mo	des de dé	marra	age			
(Exemples)	M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	J	PP	PM	PG	> 8 In	< 8 In	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	RI		
Compresseurs	2	petite	х			Х		0	N	N	N	N	N		
pour petits appareils frigorifiques	à 2,5														
Pompes à hélice	0,8	vanne	X			Х		0	N	N	Р	N	N		
(pompes volumé- triques, pompes	à 1,2		Х				Х	N	N	N	0	N	P		
à engrenages,				X		Х		0	N	N	Р	N	P		
pompes à palettes)				X		.,	Х	N	N	N	0	N	C		
parottoomy					X	Х	х	P	N	N	O P	N P	C		
Compresseurs	≥ 1,5	sans	X			х		0	N	N	N	N	F		
piston		volant	X				Х	N	N	N	N	N	C		
(sans décompression)				Х		Х		0	N	N	N	N	F		
,				Х			Х	N	N	N	N	N	C		
					Х	Х		0	N	N	N	N	P		
					Х		Х	N	N	N	N	N	(		
	≥ 1,5	t <sub>d</sub> > 8 s avec	X			Х		0	N	N	N	N	F		
		volant	X				Х	N	N	N	N	N	(		
		$t_{\rm d} > 10 {\rm s}$		X		Х	х	P	N	N	N	N			
				^	x	x	^	P	N	N	N	N	0		
					X	^	х	N	N	N	N	N	(		
Compresseurs	0,8		X			Х		0	N	N	Р	N	1		
à piston (avec décompression)	à 1		X			^	X	N	N	N	0	N	F		
	0,5	sans		Х		Х		0	N	N	Р	N	F		
	à 0,8			volant		Х			Х	N	N	N	0	N	F
					X	Х	х	O	N	N	P	N P			
	0.5.)	4 . 0 -	V		^	V	^				N				
	0,5 à 0,8	0,5 à 0,8	$t_{\rm d} > 8  \rm s$	X			Х	x	0	N	N	N	N	'	
		avec		Х		Х		Р	N	N	N	N	(		
		volant		x		^	х	N	N	N	N	N	6		
		$t_{\rm d} > 10 {\rm s}$			х	х		Р	N	N	N	N	(		
					X		х	N	N	N	N	N	(		
Compresseurs	1,5		Х			Х		0	N	N	N	N	F		
rotatifs			Х				Х	N	N	N	N	N	C		
				Х		Х		0	N	N	N	N	F		
				X			Х	N	N	N	N	N	C		
					X	Х		0	N	N	N	N			
_					Х		Х	N	N	N	N	N	(		
Transporteurs (à bandes, à godets,	1 à	Démar- rage à	X			Х		0	N	N	P	N	1		
convoyeurs)	1,5	vide	X	V		V	Х	N	N	N	O P	N	!		
				X		Х	х	0	N	N	0	N	1		
		Décres	V	^	-	V	^	_			Р		-		
		Démar- rage en	X			Х	x	0	N	N	0	N	P		
	1	charge	^	x		x	^	0	N	N	Р	N	[		
				×		^	x	N	N	N	0	N	F		
				^			^	IA	IA	IN	0	IN	"		

Types de machines		ons de mise route	Pu	issan	es	Réseau			Mo	des de dé	marra	age	
(Exemples)	$M_{\rm d}/M_{\rm n}$	J	PP	PM	PG	> 8 In	< 8 In	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	R
Broyeurs et	1	<i>t</i> <sub>d</sub> ≤ 8 s	Х			Х		0	N	N	Р	N	N
concasseurs	à		Х				Х	N	N	N	0	N	P
(faible inertie)	1,8	t <sub>d</sub> ≤ 10 s		X		Х		0	N	N	Р	N	F
				Х			Х	N	N	N	0	N	P
		t <sub>d</sub>			Х	Х		N	N	N	N	N	(
		indifférent			X		Х	N	N	N	N	N	(
Broyeurs et	1	t <sub>d</sub> > 8 s	Х			Х		0	N	N	N	N	F
concasseurs (forte inertie)	à 1,8		Х				Х	N	N	N	N	N	(
(lorte illertie)	1,0	t <sub>d</sub> > 10 s		Х		Х		Р	N	N	N	N	(
				Х			Х	N	N	N	N	N	(
		t <sub>d</sub>			Х	Х		N	N	N	N	N	(
		indifférent			Х		Х	Ν	N	N	N	N	(
Essoreuses	0,5	important	Х			Х		Р	N	N	N	N	(
centrifugeuses	à 1,5		Х				Х	N	.N	N	N	N	(
	1,5			Х	Х	Х		N	N	N	N	N	(
				X	Х		Х	N	N	N	N	N	(
Matériel de levage	2		X			Х		Р	N	N	N	N	(
	à 2,5		Х				X	N	N	N	N	N	(
	_,0			X	Х	Х		N	N	N	N	N	9
				Х	Х		Х	N	N	N	N	N	(
Groupe convertis-	0,5	sans	Х			Х		0	Р	N	N	N	1
seur (alternateur, génératrice, Ward	à 1	volant	Х				X	N	0	Р	N	N	1
Léonard)				X		Х		0	Р	N	Р	N	1
				X	.,	.,	X	N	0	P	N	N	P
					X	Х		0 N	P	N P	N	N	P
					Х		Х		_		- 11		Ľ
		avec volant	X			Х	.,	Р	N	N	0	N	F
		Voidill	X	x		_	X	N P	N	N N	0 P	N	1
				X		Х	x	N	N	N	P	N	0
				^	x	x	^	N	N	N	N	N	1
					X	~	X	N	N	N	N	N	0
Téléphérique	1			X		X		Р	N	N	N	N	(
Télécabine	à			X		^	x	N	N	N	N	N	0
Télébenne	1,2			^	x	х	^	N	N	N	N	N	1
Téléski, télésiège						^							
		7.01		,,	Х		Х	N	N	N	N	N	(
Transmissions (paliers et	1	faible		X		Х	x	0 N	P	N P	N P	N	P
coussinets)				^	Х	×	^	N	N	N	N	N	0
					X	^	x	N	N	N	N	N	0
T	0.0	4-11-1-		V		v	^				-		F
Transmissions (paliers à	0,8	faible		X	X	Х	x	O N	P	N N	P	N	1
roulements)				^	^		^	IN	1	IN	I N	1.4	1

Remarques : - Démarrage par élimination de résistances rotoriques :

P\* possible avec moteur à coupleur centrifuge (rotor bobiné) O\* oui avec moteur à coupleur centrifuge (rotor bobiné)

- Prendre le démarrage le moins onéreux si plusieurs solutions sont possibles (§ 11.1.7.3.)

**CHOIX DU** DÉMARREUR SUIVANT LE TYPE DE MACHINE ENTRAÎNÉE

Modes de démarrage	Symbole lettre	Couple au démarrage M' <sub>d</sub>	Courant au démarrage l'd	Nombre d'étapes	Nombre de contacteurs	t <sub>d</sub> maxi	Adaptation de M'd et l'd
Direct	D	<i>M</i> <sub>d</sub> (1)	/ <sub>d</sub> (1)	1	1	8 s	non
Étoile-Triangle	Y.D	M <sub>d</sub> /3	14/3	2	3	8 s	non
Étoile Triangle résistance Triangle	Y.DR.D	M <sub>d</sub> /3	14/3	3	4	10 s	non
Résistances statoriques	RS	K <sup>2</sup> . M <sub>d</sub>	K. I <sub>d</sub>	n <sub>e</sub>	n <sub>e</sub>	≃ 15 s	oui
Autotransformateur	AT	κ² . M <sub>d</sub>	1,1 . <i>K</i> <sup>2</sup> . <i>I</i> <sub>d</sub>	<i>n</i> <sub>e</sub> ≥ 3	$si n_e = 3 \Rightarrow 3$ $si n_e > 3 \Rightarrow n_e + 1$	≃ 15 s	oui
Résistances rotoriques *	RR	≤ M <sub>max</sub>	$\left(Q + \frac{M'_{d}}{M_{n}}\right)I_{n}$	n <sub>e</sub>	n <sub>e</sub>	≃ 25 s	oui

<sup>\*</sup> Nécessite un moteur à bagues (rotor bobiné) ou un moteur à coupleur (rotor bobiné)

(1) Ce sont les valeurs données dans le tableau (§ 11.1.5.3.) ou les tableaux (§ 11.1.12.).

K = U' / U avec U' tension aux bornes du moteur au démarrage.

Seuls les démarrages du type RS, AT et RR permettent d'adapter le couple au démarrage  $M'_d$  en fonction des besoins de l'utilisateur.

11.1.7.2. TABLEAU COMPARATIF DES MODES DE DÉMARRAGE

Exemple: Moteur LEROY-SOMER de 30 kW - Alimentation triphasée 400 V.

Couple au démarrage  $M'_{\rm d}$  souhaité :  $M'_{\rm d}/M_{\rm n} \simeq 1,4$   $n_{\rm s} = 1\,500~{\rm mirr}^{-1}.$ 

Machine entraînée  $M_r$  du type  $kn^2$ .

a) Moteur rotor à cage → type LS 200 LT (§ 11.1.12.4.)

$$I_0$$
 sous 400 V = 60 A;  $M_d/M_0 \approx 2.5$ ;  $I_d/I_0 = 6.3$ .

− Démarrage RS → 
$$K^2 = M'_d/M_d = 1,4/2,5 = 0,56$$
 →  $K = 0,75$   
 $K = U' / U = 0,75$  →  $U' = KU = 0,75 \times 400 = 300$  V  
 $I'_d = K I_d = 0,75 \times 6,3 \times 60 = 284$  A.  
 $(U'; M'_d; I'_d = \text{valeurs au démarrage})$ 

- Démarrage AT 
$$\rightarrow$$
  $K^2 = M'_d/M_n = 0.56 \rightarrow K = 0.75$ .  
 $U' = K U = 0.75 \times 400 = 300 \text{ V}$ .  
 $I'_d = 1.1 K^2 \qquad I_d = 1.1 \times 0.56 \times 6.3 \times 60 = 233 \text{ A}$ .

b) Moteur rotor bobiné → type FB 225 Mv/4 (§ 11.1.12.4.)

$$I_{\rm n}$$
 sous 400 V = 59 A;  $M_{\rm max}/M_{\rm n}$  = 3.

- Démarrage RR  $\rightarrow U' = U = 400 \text{ V}.$  $M'_{d}/M_{n} < M_{max}/M_{n}$ 

-Q dépend du couple souhaité au démarrage  $M'_d$  et du type du couple résistant  $M_r$  de la machine entraînée. Valeurs de Q (§ 11.1.9.6.).

$$\rightarrow Q = 1.$$
  
 $I'_d = I_n (M'_d / M_n + Q) = 59 (1 + 1) = 118 \text{ A}.$ 

Le prix total d'une installation tient compte :

- du prix du moteur,
- du prix du démarreur (contacteurs, sectionneur, protections, coffret...),
- du prix de la mise en place.

L'indice de base est de 100, il correspond à la valeur du moteur rotor à cage.

Tableaux comparatifs suivant la puissance du moteur :

(Les indices figurant dans ces tableaux sont donnés à titre indicatif.)

#### MOTEURS DE FAIBLE PUISSANCE (P<sub>n</sub> ≤ 10 kW environ)

Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	22	122
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	44	144
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y. DR. D	68	168
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	70	170
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	22	172
Moteur rotor bobiné à bagues	200	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	70	270

11.1.7.3. CRITÈRES ÉCONOMIQUES

Remarque : RR et RS sont des résistances métalliques dans l'air ambiant.

#### MOTEURS DE MOYENNE PUISSANCE (10 < P<sub>n</sub> ≤ 100 kW environ)

Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation		
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	20	120		
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	40	140		
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y. DR. D	63	163		
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	66	166		
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	20	170		
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	66	236		
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage dans l'huile	42	212		
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage liquide vapeur	62	232		

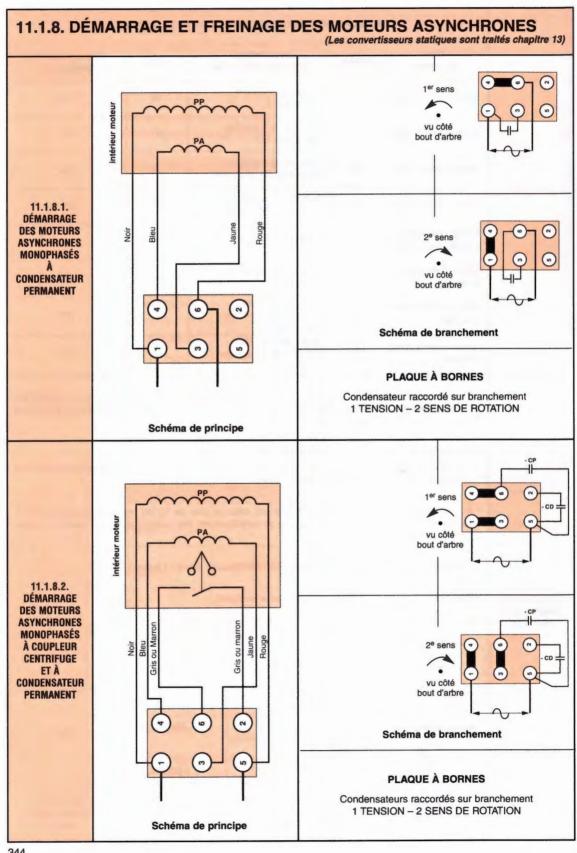
Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation	
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	15	115	
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	30	130	
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	50	150	
Moteur rotor à cage 100		Contacteurs tripolaires Démarrage AT (3 temps)	90	190	
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	15	165	
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	55	185	
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage dans l'huile	35	165	
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage liquide-vapeur	50	180	

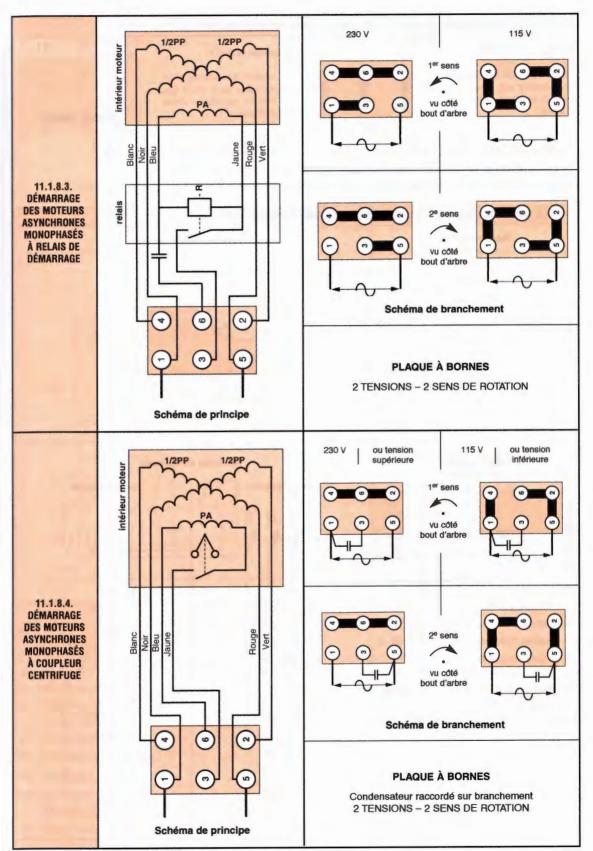
Une étude menée par EDF et le CEREN (Centre d'Études et de Recherches Économiques, financé par tous les producteurs d'énergie et l'ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) a effectué le recensement des moteurs.

- 15 millions de moteurs ont une puissance inférieure à 4 kW
- 0,5 million de moteurs ont une puissance supérieure à 30 kW ; ces moteurs de forte puissance sont en augmentation de 15 % en moyenne tous les 5 ans.
- Sur un échantillon de 50 700 moteurs recensés, ceux de plus de 10 kW ont un âge moyen de 12 à 15 ans : dans les années à venir, un fort taux de remplacement des moteurs sera donc observé, et dont la vitesse variable pourrait bénéficier.
- La consommation des moteurs représente 85 TWh (térawatt heure : 1 milliard de kWh).
- Répartition des consommations et économies envisagées.

#### 11.1.7.4. ÉVOLUTION DU MARCHÉ DES MOTEURS

Domaine de la	process	12,5 TWh	
vitesse variable	optimisation de process économie d'énergie	1,5 TWh	14 %
	pompage		
Autres domaines (1)	compression	50 TWh	86 %
	ventilation		30 /0
	particuliers	9 TWh	
Économie envisagée	consommation actuelle d'éclairage domestique ou 1/2 tranche nucléaire	4,7 TWh	25 % de la consommation en (1)

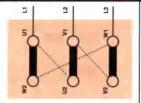




#### 11.1.8.5. RACCORDEMENT DE LA PLAQUE À BORNES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

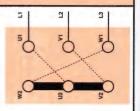
Couplage triangle (D)

La tension aux bornes d'un enroulement est égale à la tension existante entre deux phases.



Couplage étoile (Y)

La tension aux bornes d'un enroulement vaut  $1/\sqrt{3}$  fois la tension existante entre deux phases.

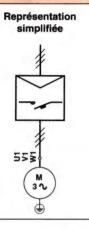


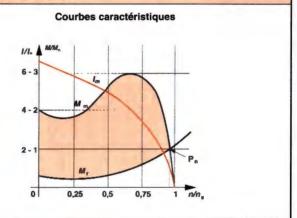
Exemple: Moteur 400/690 V: réseau 400 V.

Exemple: Moteur 230/400 V: réseau 400 V.

- Les enroulements du moteur sont raccordés respectivement entre U et X ; V et Y ; W et Z.
- Les trois phases I, II et III alimentent respectivement les bornes U, V et W.

#### 11.1.8.6. DÉMARRAGE DIRECT (D) DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS À CAGE





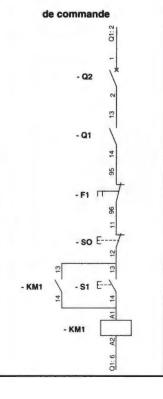
# Identification calibrage

IDENTIFICATION	DÉSIGNATION	CALIBRAGE
S0	BP arrêt (1 "0")	-
S1	BP marche (1 "F")	-
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>n</sub>
	Fusibles "puissance"	3 . aM . In
Q2	Disjoncteur contrôle	1 "F"
KM1	Contacteur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>n</sub>
F1	Relais thermique, 1 "0"	réglé à In
М	Moteur triphasé (à cage)	I <sub>n</sub>

#### Schémas développés

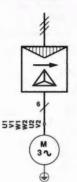
de	puissa	ance
- Q1	2 4 E	3
- KM1	7 7	9
- F1	2 4	
3	5 5	i M
	3	

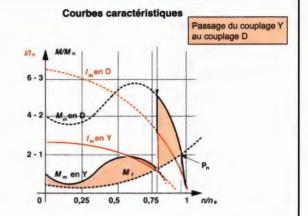
------



#### 11.1.8.7. DÉMARRAGE ÉTOILE-TRIANGLE (YD) MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

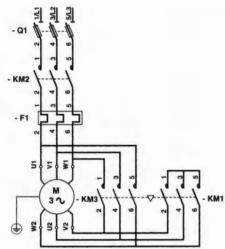
#### Représentation simplifiée





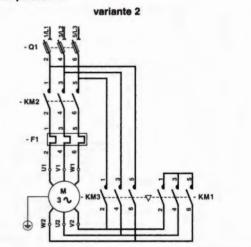
#### Schémas développés de la puissance

#### variante 1

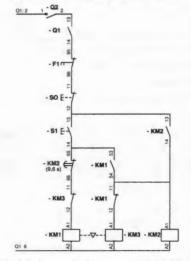


# Identification - Calibrage

Ident.	DÉSIGNATION	Calit	Calibrage	
iuont.	DEDIGNATION	1	2	
S0	BP arrêt (1 "O")	-	-	
S1	BP marche (1 "F")	-	-	
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>	
	Fusibles "puissance"	3 . aM . /n	3 . aM . In	
Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	-	-	
KM1	Contacteur Y. 3 "P" + 1 "0" + 1 "F"	In / 3	I <sub>n</sub> /3	
KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "F" + 1 "F" tp	I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub> /√3	
кмз	Contacteur D. 3 "P" + 1 "O"	$l_0/\sqrt{3}$	I <sub>n</sub> /√3	
F1	Relais thermique, 1 "0"	I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub> /√3	
М	Moteur triphasé (à cage)	I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>	



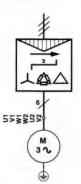
#### Schéma développé de la commande



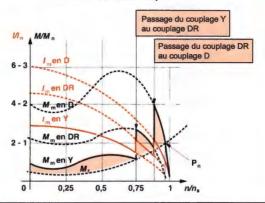
Note: Calcul du temps de démarrage (§ 11.1.9.2.).

#### 11.1.8.8. DÉMARRAGE ÉTOILE - TRIANGLE RÉSISTANCE - TRIANGLE (Y. DR. D)

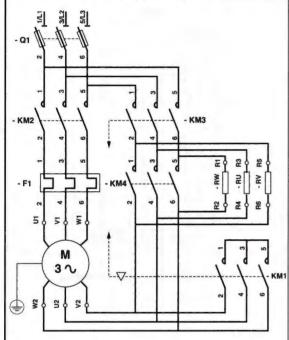
#### Représentation simplifiée



#### Courbes caractéristiques



#### Schéma développé de la puissance



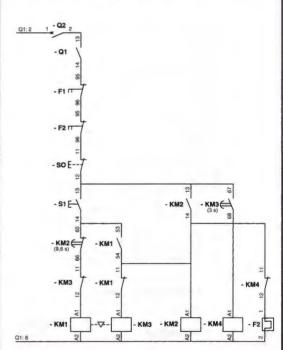
M: Moteur triphasé rotor à cage

Intensité nominale : In

RW - RV - RU : résistances statoriques (§ 11.1.9.)

#### Schéma développé de la commande

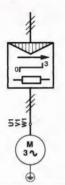
Note: Les temps de démarrage sont déterminés (§ 11.1.9.3.).



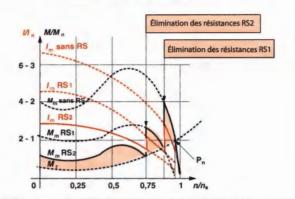
Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt (1 "0")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
S1	BP marche (1 "F")		KM1	Contacteur Y. 3 "P"	I <sub>n</sub> /3
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	/n	KM2-KM3-KM4	Contacteur 3 "P"	$I_{\rm p}/\sqrt{3}$
	Fusibles "puissance"	3 . aM . /n	F1	Relais thermique, 1 "0"	$I_0/\sqrt{3}$
			F2	Relais de protection 1 "0"	t <sub>d</sub> maxi

#### 11.1.8.9. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉSISTANCES STATORIQUES (RS)

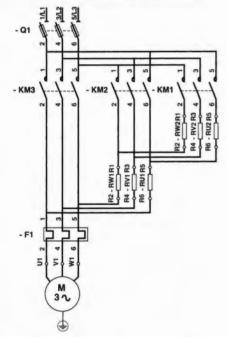
#### Représentation simplifiée



#### Courbes caractéristiques



#### Schéma développé de la puissance

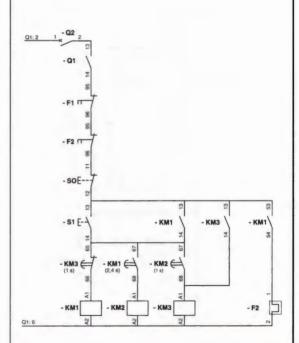


Choix des résistances (§ 11.1.9.)

Les résistances peuvent être remplacées par un démarreur électrolytique pour les moteurs de forte puissance.

#### Schéma développé de la commande

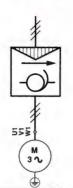
Note: Calcul des temps de démarrage (§ 11.1.9.4.).



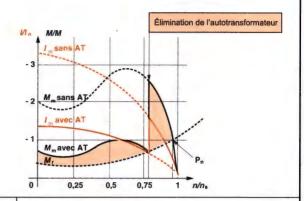
dentification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "0")		F2	Relais de protection 1 "0"	t <sub>d</sub> maxi
S1	BP marche (1 "F")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	/n	KM1-KM2	Contacteur 3 "P"	I <sub>n</sub> /2
	Fusibles "puissance"	3 . aM . /n	KM3	Contacteurs 3 "P"	I <sub>n</sub>
F1	Relais thermique, 1 "0"	réglé à In	М	Moteur triphasé (à cage)	/n

#### 11.1.8.10. DÉMARRAGE PAR AUTOTRANSFORMATEUR (AT)

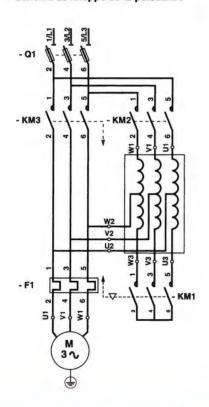
#### Représentation simplifiée



#### Courbes caractéristiques

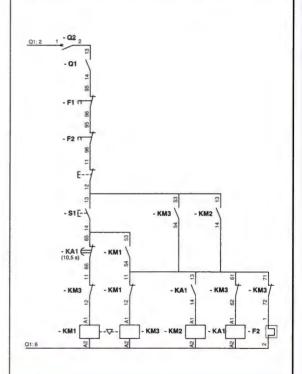


#### Schéma développé de la puissance



#### Schéma développé de la commande

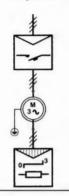
Note: Les temps de démarrage sont déterminés (§ 11.1.9.5.).



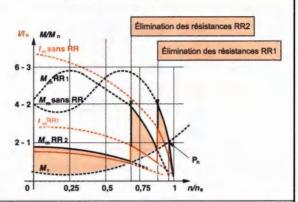
Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "0")		F2	Relais de protection 1 "0"	
<b>S1</b>	BP marche (1 "F")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>n</sub>	KA1	Relais auxiliaire 1 "F" + 1 "O" tp	_
	Fusibles "puissance"	3 . aM . /n	KM1-KM2-KM3	Contacteur 3 "P"	I <sub>n</sub>
F1	Relais thermique 1 "0"	réglé à In	М	Moteur triphasé (à cage)	I <sub>n</sub>

#### 11.1.8.11. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉSISTANCES ROTORIQUES (RR)

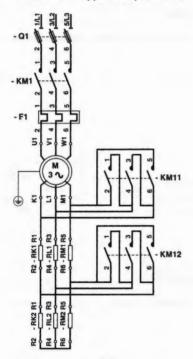
#### Représentation simplifiée



#### Courbes caractéristiques



#### Schéma développé de la puissance

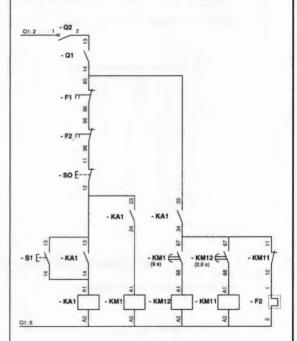


Choix des résistances (§ 11.1.9.6)

Les résistances peuvent être remplacées par un démarreur électrolytique pour les moteurs de forte puissance.

#### Schéma développé de la commande

Note: Calcul des temps de démarrage (§ 11.1.9.6.).

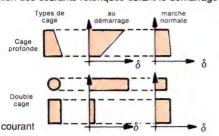


Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "0")	-	Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
S1	BP marche (1 "F")	-	KM1	Contacteur 3 "P" + 1 "F" tp	I <sub>n</sub>
F1	Relais thermique 1 "0"	réglé à In	KA1	Relais auxiliaire 3 "F"	-
F2	Relais de protection 1 "0"	t <sub>d</sub> maxi	KM11	Contacteur 3 "P" + 1 "O"	/ <sub>r</sub> / 1,4
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>n</sub>	KM12	Contacteur 3 "P" + 1 "F" tp	
	Fusibles "puissance"	3.aM./n	M	Moteur triphasé (rotor bobine)	$I_0 - I_r$

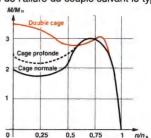
#### 11.1.8.12. DÉMARRAGES PARTICULIERS

#### Moteurs à cage spéciale

Circulation des courants rotoriques durant le démarrage :



Modification de l'allure du couple suivant le type de cage :



Remarques: Ces cages spéciales permettent d'obtenir un bon couple au démarrage.

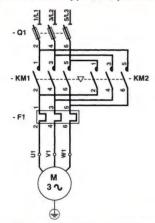
Utilisées pour entraîner des treuils de levage.

Les moteurs munis de ces cages spéciales démarrent le plus souvent directement.

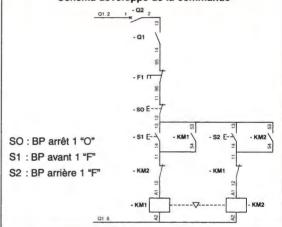
(Mêmes schémas que pour le démarrage direct (D).)

#### **INVERSION DU SENS DE ROTATION**

#### Schéma développé de la puissance

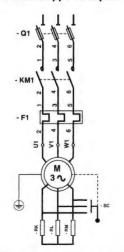


#### Schéma développé de la commande

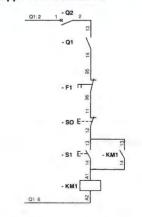


#### DÉMARRAGE ROTORIQUE À COUPLAGE CENTRIFUGE

#### Schéma développé de la puissance



#### Schéma développé de la commande



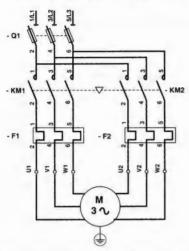
SO: BP arrêt 1 "O"

S1 : BP marche 1 "F"

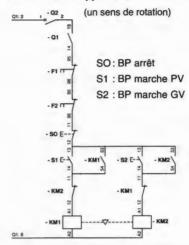
Note: l'ensemble RK; RL; RM, coupleur centrifuge (SC) est monté dans le rotor.

#### 11.1.8.13. DÉMARRAGE DIRECT DES MOTEURS DEUX VITESSES À BOBINAGES INDÉPENDANTS

#### Schéma développé de la puissance

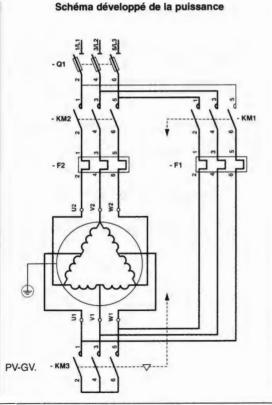


#### Schéma développé de la commande



Ce type de moteur permet d'obtenir deux fréquences de rotation différentes. L'intensité est différente suivant la fréquence de rotation  $l_{\rm pv} < l_{\rm qv}$ .

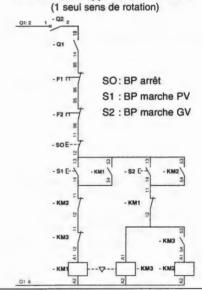
#### 11.1.8.14. DÉMARRAGE DIRECT DES MOTEURS À DEUX VITESSES À PÔLES COMMUTABLES (DAHLANDER)



Ce type de moteur permet d'obtenir deux fréquences de rotation différentes dans le rapport 2.

L'intensité est différente suivant la fréquence de rotation.

## Schéma développé de la commande



Note: dans certains cas le démarrage peut se faire en PV et le fonctionnement normal en GV: on réalise ainsi un démarreur automatique



#### 11.1.8.15. MOTEURS-FREINS (MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS)

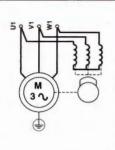
- Moteurs-freins à manque de courant (frein à commande de repos)
- Moteurs-freins à appel de courant (frein à commande de travail)

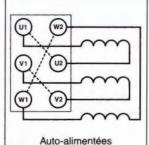
Électro-aimant à courant redressé 100 V.

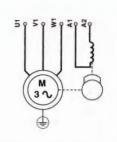
Électro-aimant à courant alternatif triphasé 230/400 V.

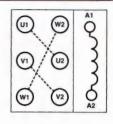
- Moteurs-freins à manque de courant à électro-aimant déviateur de champ (sans bobine).

#### POSSIBILITÉS DE BRANCHEMENT DES BOBINES ACTIONNANT LE FREIN









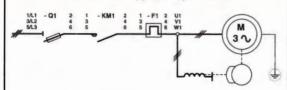
Source autonome (1 ou 3 bobines)

Symbole du moteur-frein à manque de courant (électroaimant triphasé) Raccordements à la plaque à bornes

Symbole du moteur-frein à manque de courant (électroaimant monophasé) Raccordements à la plaque à bornes

#### **MOTEUR-FREIN À MANQUE DE COURANT**

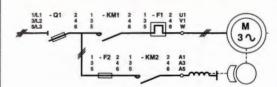
#### Schéma développé de la puissance



KM1 - F1 : Discontacteur (In)

#### MOTEUR-FREIN À APPEL DE COURANT

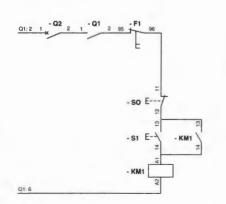
#### Schéma développé de la puissance



 L'alimentation du frein peut être de tension différente de celle du moteur.

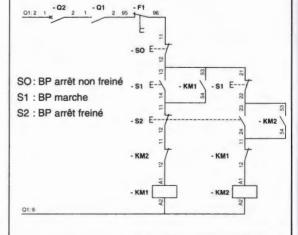
KM1 - F1 : Discontacteur (In)

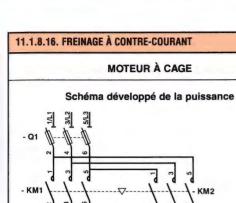
#### Schéma développé de la commande



SO: BP arrêt 1 "O" S1: BP marche "1 F"

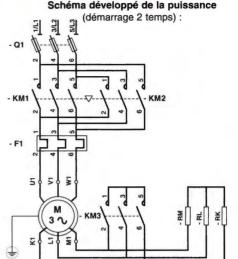
#### Schéma développé de la commande

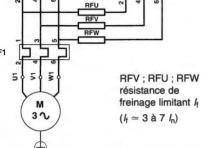




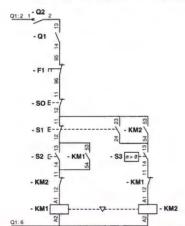
#### **MOTEURS À BAGUES**

Schéma développé de la puissance

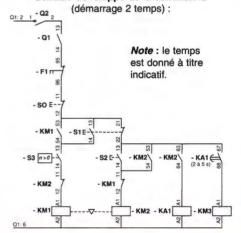




#### Schéma développé de la commande



#### Schéma développé de la commande

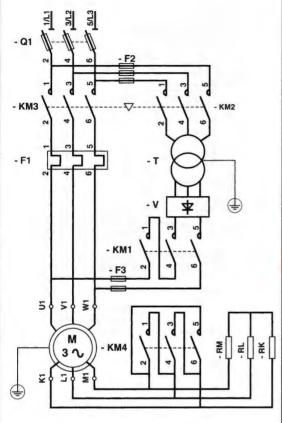


IDENTIFICATIO	N - CALIBRAGE

dentification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
SO	BP arrêt non freiné (1 "O")	-	S0	BP arrêt non freiné (1 "O")	-
S1	BP arrêt freiné (1 "O" + 1 "F")	_	S1	BP arrêt freiné (1 "O" + 1 "F")	-
	,		S2	BP marche (1 "F")	-
S2	BP marche (1 "F")	_	S3	Détecteur (n = 0) 1 "F"	-
S3	Détecteur (n = 0) 1 "F"	-	Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	-
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	-		Fusibles "puissance"	3 aM./n
	Fusibles "puissance"	3 aM./ <sub>o</sub>	Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	-
		o amin	F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à In
Q2	Disjoncteur contrôle 1 "P"	-	KM1-KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "O" + 2 "F"	I <sub>n</sub>
F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à In	КМЗ	Contacteur 3 "P" supportant 2. Ur	1,3 / <sub>r</sub>
KM1-KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "O" + 1 "F"	I <sub>n</sub>	KA1	Relais auxiliaire temporisé 1 "F"	2 à 5 s

#### 11.1.8.17. FREINAGE PAR INJECTION DE COURANT CONTINU DANS LE STATOR

# Schéma développé de la puissance (démarrage 2 temps) :



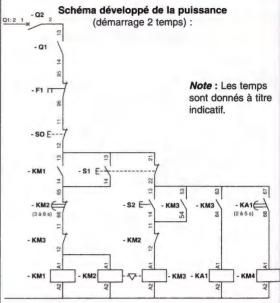
#### Note:

Ce système de freinage est principalement utilisé sur les moteurs à bagues.

La temporisation KM2 définissant le temps de freinage peut être remplacée par un détecteur de fréquence de rotation faible.

Ce procédé ne permet pas l'arrêt total du rotor.

Ce type de freinage est utilisé sur les moteurs de moyenne et grande puissance.



Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt non freiné (1 "0")	_
S1	BP arrêt freiné (1 "0" + 1 "F")	_
S2	BP marche (1 "F")	-
Q1	Sectionneur 3 "P" - 1 "F"	-
	Fusibles "puissance"	3 aM./ <sub>n</sub>
Q2	Disjoncteur contrôle "F"	-
KM3 + F1	Discontacteur 1 "0" 2 "F"	réglé à In
T*	Transformateur	Ip / Is
F2	Fusible "transformateur"	3.a.M.I <sub>p</sub>
KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "0" + 1 "0" t <sub>p</sub>	$I_{p}$
V	Pont redresseur → ¼	-
F3	Fusible "V"	2UR./ <sub>f</sub>
KM1	Contacteur 3 "P" + 1 "F"	I <sub>f</sub>
KM4	Contacteur 3 "P"	$I_{r}/1,4$
KA1	Relais temporisé 1 "F"	2 à 5 s
M	Moteur à bagues	$I_{\rm n}/I_{\rm r}$
RM-RL-RK	Résistances rotoriques	_

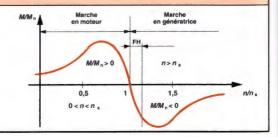
<sup>\*</sup> Le transformateur T permet d'adapter la tension de freinage à quelques dizaines de volts. (Pour un freinage convenable le courant de freinage  $I_1$  doit être voisin de 1,3  $I_n$ .)

#### 11.1.8.18. FREINAGE HYPER SYNCHRONE

S'applique dans le cas de charges entraînantes (levage) et principalement sur les moteurs asynchrones triphasés à bagues.

Le moteur se comporte comme une génératrice asynchrone débitant sur le réseau triphasé  $(n > n_s)$ .

En réalité le moteur fonctionne à fréquence de rotation pratiquement constante quelle que soit la charge entraînante (voir graphe ci-contre : zone FH).



11.1.9. DÉ	TERMINATION DES DÉMARREURS (Calculs approchés)
11.1.9.1. DÉMARRAGE DIRECT (D)	Le temps de démarrage dépend de $M_a$ (§ 11.1.6.4.), de $n$ fréquence de rotation finale (§ 11.1.8.6.) et de $J$ ou $MD^2$ (§ 11.1.2.1.). Lire le temps de démarrage $t_d$ sur l'abaque (§ 11.1.6.5.) ou le calculer.
11.1.9.2. DÉMARRAGE ÉTOILE- TRIANGLE (Y-D)	Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1. ( $M'_n = M_n$ ) Le couplage © (§ 11.1.8.7.) se fait à $n_c = 0.85$ $n_s$ (fréquence de rotation finale en Y). $n_c = 1.275 \text{ min}^{-1}$ . $J = 2.422 \text{ kg.m}^2$ . Le couple à $n_c$ vaut $0.75 M_n = 0.75 \times 140 = 105 \text{ Nm}$ $M'_d/M'_n = M_d/3$ . $M_n = 2.4/3 = 0.8$ (§ 11.1.7.2.) $I'_d/I_n = I_d/3$ . $I_n = 5.5/3 = 1.8$ (§ 11.1.7.2.)  La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne $M_a = 0.3$ $M_n$ (Le démarrage est juste acceptable.) $M_a = 0.3 \times 105 = 31.5 \text{ Nm}$ .  (Le couple $M_n$ est dans ce cas le couple obtenu à $n_c$ )  Remarque:  La courbe caractéristique (§ 11.1.8.7.) indique un ordre de grandeur de $M_a$ .  Au démarrage $M_a = M_m - M_r = 0.7 - 0.3 \approx 0.4 M_n$ .  L'abaque (§ 11.1.6.5.) donne $t_y \approx 9.6 \text{ s}$ . $I'_d = I_d/3 = 1.8 I_n = 1.8 \times 44.1 = 80 \text{ A}$ .
11.1.9.3. DÉMARRAGE ÉTOILE- TRIANGLE RÉSISTANCE- TRIANGLE (Y-DR-D)	Le temps du couplage en Y se détermine de la même façon qu'au § 11.1.9.2. Le temps du couplage en DR est généralement de 2 à 3 s. Détermination de $R$ : (par phase) $R = \text{valeur de la résistance en } \Omega.$ $U = \text{tension entre phases en V.}$ $I_n = \text{courant nominal du moteur.}$ (Choix de $R$ § 11.1.9.7.) $Exemple:$ Cas précédent $t_y = 9.6$ s. $R = 0.28  (400/44.1)$ $R = 2.54  \Omega.$ $t_{dr} = 3 \text{ s.}$ $I'_{d} = 1.8.$ $I_n = 80 \text{ A.}$

#### Temps de démarrage total (t<sub>dt</sub>)

: constante à relever (Fig. 11).

J: moment d'inertie en kg.m<sup>2</sup> à la vitesse n.

n : fréquence de rotation finale en min<sup>-1</sup>.

P<sub>M</sub>: puissance du moteur en kW.

MD2: moment de giration en kg. m2 à la vitesse n.

$$t_{\text{dt}} = \frac{\alpha \ \text{MD}^2 \ n^2}{P_{\text{M}} \ 10^6} = \frac{\alpha \ 4 \ \text{Jn}^2}{P_{\text{M}} \ 10^6}$$

#### Résistance totale par phase RT:

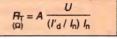
U: tension entre phases en V.

In : courant nominal du moteur en A.

I'd /In: pointe de courant au démarrage désirée

1d/1n

A : constante à lire (Fig. 10)



 $M_d/M_p$ 



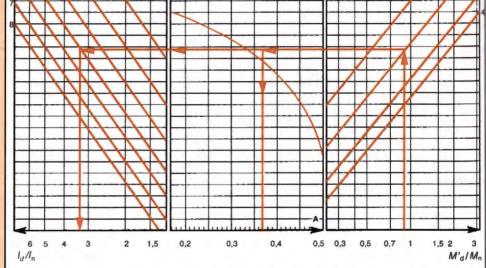


Fig. 10 - Abaques donnant  $M'_d/M_n \longrightarrow M_d/M_n \longrightarrow A I_d/I_n \longrightarrow I'_d/I_n$ 

M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
α	à vide	38,3	14,3	10,2	8,75	6,9	5,7	5,3	4,5	3,14	2,03
	1/2 charge				14,8	10,1	7,97	6,58	6,45	3,92	2,91
	pleine charge kn²			8,42	7,6	5,92	4,9	3,83	3,32	2	1,45

Fig. 11 - Tableau donnant α suivant M'<sub>d</sub>/M<sub>n</sub> et le type de charge.

#### Exemple

Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1.  $(M'_n = M_n)$ 

La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M'_d/M'_a \sim 0.9$  (Couple minimum donnant un démarrage certain).

Les abaques (Fig. 10) donnent A = 0.37.  $I'_d / I_n = 3.3$ .  $(M_d / M_n = 2.4 \text{ et } I_d / I_n = 5.5)$ .

Le tableau (*Fig. 11*) donne  $\alpha = 3.83$   $J \ge 1.455 \text{ min}^{-1} = 2.422 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 

 $t_{\rm dt} = 3.83 \times 4 \times 2.422 \times 1455^2/(22.10^6) = 3.6 \text{ s}.$ 

 $R_T = 0.37 \times 400/(3.3 \times 44.1) = 1.02 \Omega.$ 

 $I'_{\rm d} = 3.3 \times 44.1 = 146 \text{ A}.$ 

Généralement ce type de démarrage se fait en 2 temps. Si le démarrage se fait en 3 temps on peut appliquer les relations approximatives page suivante.

#### Valeur de la résistance au deuxième temps :

U: tension entre phases en V.

Id/In: pointe de courant en démarrage direct.

In : courant nominal du moteur en A.

$$R_{\text{tn}} = 0.17 \frac{U}{(I_{\text{d}}/I_{\text{h}}) I_{\text{n}}}$$

#### Durée du deuxième temps :

 $t_{\rm dt}$  : durée totale du démarrage en s.

 $R_{tn}$ : résistance au temps  $t_n$  en  $\Omega$ .

 $R_{T}$ : résistance totale en  $\Omega$ .

$$t_{\rm n} = t_{\rm dt} \frac{R_{\rm tn}}{R_{\rm T}}$$

#### Exemple précédent :

(Démarrage en trois temps)

 $P_{\text{T}} = 1,02 \,\Omega \, t_{\text{clt}} = 3,4 \,\text{s.}$ 

Résistance au deuxième temps

 $R_{12} = 0.17 \times 400/(5.5 \times 44.1) = 0.28 \Omega.$ 

Durée du deuxième temps

 $t_0 = 3.4 \times 0.28/1.02 = 1 \text{ s.}$ 

#### Démarrage 1er temps :

 $R_{\rm T} = 1,02 \Omega$ .

 $t_{\rm d} = 3,4 \, \rm s.$ 

Démarrage 2e temps :

R 1<sup>er</sup> temps = 1,02  $\Omega = R_T$ 

 $t_d 1^{er} temps = 3,4 - 1 = 2,4 s.$ 

 $R 2^{e} \text{ temps} = 0.28 \Omega.$ 

 $t_d 2^e \text{ temps} = 1 \text{ s.}$ 

Définition des résistances et des temps de démarrage sur le schéma (§ 11.1.8.9.)

 $RW2 = RV2 = RU2 = 0.74 \Omega$ .

KM1: temporisé 2,4 s.

 $RW1 = RV1 = RU1 = 0,28 \Omega$ .

KM2 : temporisé 1 s.

(Choix des résistances § 11.1.9.7.)

Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1.  $(M'_n = M_n)$ 

La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M'_{\rm d}/M'_{\rm n} \simeq 0.9$  (Couple minimum donnant un démarrage certain).

Le tableau (§ 11.1.7.2.) donne  $K^2 = M'_d/M_d = 0.375$ . K = 0.61.  $(M_d/M_0 = 2.4)$ .

 $U' = KU = 0.61 \times 400 = 244 \text{ V (tension au démarrage)}.$ 

 $I'_{d} = 1,1 \ K^{2} I_{d} = 1,1 \times 0,375 \times 44,1 \times 5,5 = 100 \ A$   $(I_{d}/I_{0} = 5,5)$ 

Le couplage se fait à  $n_c \approx 0.85 n_s$ .  $n_c \approx 0.85 \times 1500 = 1275 min^{-1} (§ 11.1.8.10.).$ 

 $J = 2,422 \text{ kg. m}^2$ 

11.1.9.5.

DÉMARRAGE

PAR AUTO-TRANSFOR-

MATEUR (AT)

Le couple vaut à  $n_c$ : 0,75  $M_n$  soit 0,75 × 140 = 105 Nm.

La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M_a = 0.3 M_D$ .

 $M_{\rm a} = 0.3 \times 105 = 31.5 \, \rm Nm.$ 

(Le couple  $M_n$  est dans ce cas le couple obtenu à  $n_c$ )

La courbe caractéristique (§ 11.1.8.10.) indique un ordre de grandeur de Ma:

Au démarrage on peut admettre  $M_a = M_m - M_n = 0.7 - 0.3 = 0.4 M_n$ 

L'abaque (§ 11.1.6.5.) donne  $t_{at} \approx 10 \text{ s.}$ 

Le moteur est à rotor bobiné.

#### Résistance totale par phase RT

A : valeur à lire (Fig. 12) U<sub>R</sub>: tension rotorique en V. In : courant rotorique en A.

Si UR ou si IR n'est pas connu :

P<sub>M</sub>: puissance du moteur en kW. U<sub>R</sub>: tension rotorique en V.

#### Temps de démarrage total tet

t<sub>dt</sub>: temps total du démarrage en s

 $\alpha$ : valeur à lire (Fig. 12)

J: moment de giration ramené à la vitesse

nominale en kg m2.

n : fréquence de rotation nominale du moteur

en min-1.

Pn: puissance nominale du moteur en kW

$$R_{\rm T} = A \frac{U_{\rm R}}{I_{\rm R}}$$

$$J_{\rm R} \simeq \frac{666 \, P_{\rm n}}{U_{\rm R}}$$

$$t_{\rm dt} = \alpha \, \frac{4 \, J \, n^2}{P_{\rm n} \, 10^6}$$

11.1.9.6. **DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE** RÉSISTANCES **ROTORIQUES (RR)** 

	Manufac	A1				T
Type de couple résistant	Nombre d'étapes de démarrage	Nombre de crans de résistances	$\frac{I_{\rm d}'}{I_{\rm n}} = \frac{M_{\rm d}'}{M_{\rm n}} + Q$	A	λ	α
	2	1	2,25	0,258	1,59	7,13
I'd M'd	3	2	1,00	0,578	0,50	14,97
In A Mn	4	3	0,70	0,863	0,32	22,45
2 7	5	4	0,53	1,100	0,25	29,14
1	6	5	0,45	1,290	0,217	35,44
0,2 1 n/n <sub>8</sub>			$\frac{I_{\rm d}'}{I_{\rm n}} = \frac{M_{\rm d}'}{M_{\rm n}} + 0.2^*$			
**	2	1	3,50	0,164	4,98	4,32
$l'_d$ $M'_d$ à 1/2 charge ( $M_r \approx \text{Cte}$ )	3	2	1,85	0,314	2,19	8,13
<i>l<sub>n</sub></i> <b>↓</b> <i>M<sub>n</sub></i>	4	3	1,30	0,434	1,55	11,56
2	5	4	1,10	0,528	1,33	14,57
0,5	6	5	1,00	0,602	1,20	17,34
1 n/n <sub>a</sub>			$\frac{I_{\rm d}'}{I_{\rm n}} = \frac{M_{\rm d}'}{M_{\rm n}} + 0.4^*$			
	2	1	6,00	0,115	12,58	3,00
$I'_d = M'_d$ à pleine charge $(M_r = cte)$	3	2	3,00	0,192	6,93	5,18
In AMn	4	3	2,25	0,257	5,43	7,08
2	5	4	2,09	0,289	4,76	8,79
1 1111	6	5	1,70	0,340	4,40	10,22
1 n/n <sub>3</sub>			$\frac{I_{\rm d}'}{I_{\rm n}} = \frac{M_{\rm d}'}{M_{\rm n}} + 0.6^*$			
	2	1	6,00	0,144	8,00	1,24
I'a M'a	3	2	3,00	0,289	2,59	5,05
In \$40,	4	3	2,25	0,462	1,50	7,63
2	5	4	2,00	0,578	1,27	10,00
N	6	5	1,70	0,826	0,88	16,60
1 ning			$\frac{I_{\rm d}'}{I_{\rm n}} = \frac{M_{\rm d}'}{M_{\rm n}} + 1$			

Remarques:  $-\lambda$  est un coefficient qui intervient au niveau du choix des résistances (§ 11.1.9.7.) - \* valeurs de Q données à titre indicatif.

Fig. 12 – Tableau donnant A,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et le nombre de crans suivant M<sub>r</sub> et l'<sub>d</sub> /l<sub>n</sub>.

#### Exemple:

Machine entraînée  $P_e = 25 \text{ kW}$   $MD^2 = 24,6 \text{ kg.m}^2$  (ramené sur l'arbre moteur) Le tableau (§ 11.1.12.6.) indique un moteur du type FB 225 Su/4 (rotor bobiné)  $I_{\rm n} = 50 \text{ A}.$   $n_{\rm n} = 1.460 \text{ min}^{-1}.$   $M_{\rm max}/M_{\rm n} = 3.$   $U_{\rm R} = 245 \text{ V}.$   $I_{\rm R} = 63 \text{ A}.$ 

 $J \text{ rotor} = 0,55 \text{ kg.m}^2$ .

J à 1 460 min<sup>-1</sup> = 0,55 +  $\frac{24,6}{4}$  = 0,55 + 6,15 = 6,7 kg.m<sup>2</sup>.

La courbe ③ (§.11.1.6.4.) donne  $M'_d/M'_n \simeq 0.9$  (Couple mini donnant un démarrage certain).  $M'_n = M_n$ Choix d'un  $M'_d/M'_n$  de 2 par exemple  $(M'_d/M_n \text{ mini } \leq M'_d/M'_n \leq M'_d/M_n \text{ maxi})$ .

Couple résistant du type  $kn^2 \rightarrow I'_d/I_n = M'_d/M_n + 1 = 2 + 1 = 3$ .

$$t_{\text{dt}} = (5,05 \times 4 \times 6,7 \times 1460^2)/25 .10^6 \approx 11,6 \text{ s.}$$

$$A = 0.289$$
.  $\alpha = 5.05$ .  $\lambda = 2.59$ .

$$P_{\rm T} = 0.289 \text{ x } 245/63 = 1.13 \Omega$$
 (Choix de la résistance § 11.1.9.7.)

 $I'_{\rm cl} = 3 \times 50 = 150 \, \text{A}.$ 

#### Valeur de la résistance aux temps intermédiaires (par phase)

: valeur de la résistance restant en service au temps t<sub>n</sub>  $R_{t(n-1)}$ : valeur de la résistance en  $\Omega$  au temps précédent

: pointe de courant désirée au temps t<sub>n</sub>

: résistance en Ω par phase de l'enroulement rotorique du moteur

$$R_{\text{tn}} = \frac{R_{\text{t} (n-1)} + r}{l'/l_{\text{n}}} - r$$

#### Valeur des temps intermédiaires (valeur approchée)

 $t_{(n-1)}$ : temps de mise sous tension de la résistance considérée  $R_{t,(n-1)}$ :  $t_{(n-1)} = t_{dt} = \frac{R_{t,(n-1)} - R_{tn}}{R_{tn}}$ 

: durée totale en s du démarrage

 $R_{t(n-1)}$ : résistance en  $\Omega$  en service au temps précédent Rtn : résistance restant sous tension au temps tn

RT : résistance totale en Ω de démarrage

Si le constructeur n'indique pas la valeur ohmique de la résistance r de l'enroulement rotorique du moteur, on peut appliquer la relation approchée suivante.

: glissement nominal  $g_n = \frac{n_s - n_n}{n_s}$ 

: couple nominal du moteur en Nm

UR : tension rotorique en V : nombre de paires de pôles

: fréquence nominale de fonctionnement en Hz (50 Hz)  $f_{n}$ 

: résistance en Ω par phase de l'enroulement rotorique du moteur

#### Exemple précédent :

 $M_{\rm p}$ 

(Démarrage en 3 temps)

$$R_{\rm T} = 1,13 \ \Omega.$$
  $t_{\rm dt} = 11,6 \ {\rm s.}$ 

$$g_{\rm n} = (1.500 - 1.460)/1.500 = 0,0267$$
  $U_{\rm R} = 245 \,\rm V.$   $p = 2$  (1.500 min<sup>-1</sup>)

L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne  $M_n = 160 \text{ Nm.}$  ( $P_n = 25 \text{ kW}$ )

 $r \simeq (0.0267 \times 3 \times 2 \times 245^2)/(160 \times 2 \times \pi \times 50) \simeq 0.19 \ \Omega.$ 

Si on désire, au deuxième temps  $l'/l_n = l'_d/l_n = 3$ 

$$R_{\text{tn}} = [(R_{\text{T}} + r)/l_{\text{d}}/l_{\text{n}}] - r = [(1,13+0,19)/3] - 0,19 = 0,25 \ \Omega.$$

$$t_{n-1} = t_{dt} (R_T - R_{tn}) / R_T = 11,6 (1,13 - 0,25)/1,13 = 9 s.$$

La résistance de 0,25  $\Omega$  sera sous tension pendant 11,6 s.

La résistance de 0,88  $\Omega$  sera sous tension pendant 9 s.

Note: On peut diminuer la valeur de l'/l<sub>n</sub>: souvent on prend 1,5 à 2

Définition des résistances et des temps sur les schémas du circuit de puissance et du circuit de commande (§ 11.1.8.11.)

 $RK2 = RL2 = RM2 = R_T - RK1 = 1,13 - 0,25 - 0,88 \Omega$ .

RK2 – RL2 = RM2 =  $0.88 \Omega$  KM1 temporisé 9 s.

 $RK1 = RL1 = RM1 = 0.25 \Omega$ KM12 temporisé 2.6 s. (11.6 - 9 = 2.6 s)

#### Valeur de la capacité calorifique pour démarrage statorique :

Q : capacité calorifique en kJ.

 $R_{\rm T}$ : résistance totale de démarrage par phase en  $\Omega$ .

 $I'_{\rm d}/I_{\rm n}$ : pointe de courant au moment du couplage

In : courant nominal du moteur en A. (In stator)

t<sub>dt</sub>: temps total de démarrage

n': coefficient suivant la classe de démarrage N<sub>d</sub> (Fig. 13)

Calcul de N<sub>d</sub> (§ 11.1.11.2.)

$$Q = \frac{2.5 R_{\rm T} (I'_{\rm d}/I_{\rm n})^2 I_{\rm n}^2 t_{\rm dt} n'}{10^3}$$

#### Valeur de la capacité calorifique pour démarrage rotorique :

Q : capacité calorifique en kJ.

 $R_T$  : résistance totale de démarrage par phase en  $\Omega$ .

IR : courant nominal rotorique du moteur en A.

t<sub>dt</sub>: temps total de démarrage

n' : coefficient suivant la classe de démarrage

Si  $N_d$  < 6 (Démarrages non consécutifs)

 $\Rightarrow$  Service S1  $\rightarrow n' = 1$ 

Si N<sub>d</sub> < 6 (Démarrages consécutifs) n' - N<sub>d</sub>

$$Q = \frac{\lambda R_{\rm T} I_{\rm rf}^2 t_{\rm dt} n'}{10^3}$$

#### Exemple:

 $N_{\rm d} = 12 t_{\rm dt} = 10 s$ 

 $R_{\rm T} = 1,20 \ \Omega$   $I_{\rm d}/I_{\rm n} = 5$ 

I<sub>n</sub> = 40 ADémarrage statoriqueRésistance du type GFT

La Fig. 13 donne  $n' \approx 2$   $Q=2.5 \times 1.2 \times 5^2 \times 40^2 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}$ = 2 400 kJ

3 2,5 2,4 2,3 2,2 2,1 2 1,9 1,8 1,7 1,6 1,5 GFT
2,5 2 1,9 1,8 1,7 1,6 1,5 1,4 1,35 1,3 1,25 NP

60 50 40 30 25 20 18 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 cadence (manoeuvres/heure)

11.1.9.7. CHOIX DES RÉSISTANCES DE DÉMARRAGE

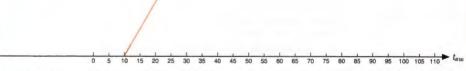


Fig. 13 – Détermination de n' suivant  $t_{dt}$  et  $N_d$  et pour deux types de résistances GFT ou NP ( $N_d \ge 6$ ;  $S \ne S1$ )

#### Exemple:

Mêmes conditions que précédemment

 $R_{\rm T} = 1.2 \Omega$ 

Q = 2400 kJ

La Fig. 14 donne la résistance 1 GFTNS

#### Remarque :

Pour le démarrage Y-DR-D la relation donnant Q pour un démarrage statorique reste valable.

 $I'_{\rm d}/I_{\rm n}$  devient  $I'/I_{\rm n}$  (pointe de courant au moment du couplage DR)

On peut admettre  $I'/I_n = I_d/3I_n$ .  $t_{dt}$  devient  $t_{dr}$  (temps d'application du courant en couplage DR)

 $t_{\rm dt} = 3 \, \rm s$ .

Lire à l'intersection de RT et Q le type de la résistance à retenir

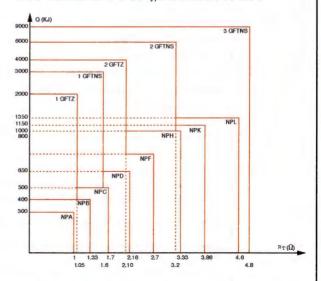


Fig. 14 - Choix des résistances de démarrage.

# 11.1.10. PROTECTION THERMIQUE DES MOTEURS ASYNCHRONES

La protection globale des moteurs asynchrones contre les surcharges est assurée par un dispositif magnéto-thermique placé entre l'appareil de sectionnement et le moteur.

Si l'on souhaite diminuer le temps de réaction, détecter une surcharge instantanée, suivre l'évolution de la température aux points « chauds » du moteur ou à des points caractéristiques pour la maintenance de l'installation, il est conseillé d'installer des sondes de protection thermique aux points sensibles.

En aucun cas ces sondes ne peuvent être utilisées pour réaliser une régulation directe des cycles d'utilisation des moteurs.

TYPE	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	COURBES DE FONCTIONNEMENT	POUVOIR DE COUPURE (A)	PROTECTION ASSURÉE	MISE EN ŒUVRE
Protection thermique à ouverture PTO	Bilame à chauffage indirect avec contact à fermeture (NF)	0 TNF t	2,5 A sous 250 V à cos φ 0,4	Surveillance globale surcharges lentes	Montage dans le circuit de commande 2 ou 3 en série
Protection thermique à fermeture PTF	Bilame à chauffage indirect avec contact à fermeture (NO)	F TNF t	2,5 A sous 250 V à cos φ 0,4	Surveillance globale surcharges lentes	Montage dans le circuit de commande 2 ou 3 parallèle
Thermistance à coefficient de température positif	Résistance variable non linéaire à chauffage indirect	TNF t	0	Surveillance globale surcharges rapides	Montage avec relais associé dans le circuit de commande 3 en série
Thermocouples T (t < 150 °C) Cuivre Constantan K (t < 1 000 °C) Cuivre Cuivre-Nickel	Effet PELTIER	v t	0	Surveillance continue ponctuelle des points chauds	Montage dans les tableaux de contrôle avec appareil de lecture associé 1/point à surveiller
Sonde thermique sur platine PT 100	Résistance variable linéaire à chauffage indirect	RA	0	Surveillance continue de grande précision des points chauds clés	Montage dans les tableaux de contrôle avec appareil de lecture associé 1/point à surveiller

TNF: Température Nominale de Fonctionnement

11.1.11.1.

**PUISSANCE** 

**EFFICACE EN** 

RÉGIME

INTERMITTENT

Les TNF sont choisies en fonction de l'implantation de la sonde dans le moteur et de la classe d'échauffement.

Les thermocouples et les PT 100 sont montés avec des appareils de lecture (ou enregistreur) dans les tableaux de contrôle pour un suivi en continu.

# 11.1.11. FONCTIONNEMENT EN SERVICE INTERMITTENT

(D'après LEROY-SOMER)

- La détermination d'un moteur utilisé en service intermittent dépend des paramètres suivants :
- puissance d'entraînement de la machine Pe (§ 11.1.2.2.),
- moments de giration (ou d'inertie) ramenés à l'arbre moteur (§ 11.1.2.1.),
- ambiance (§ 11.1.3.1.),
- couple résistant pendant la période de démarrage (§ 11.1.6.3.),
- facteur de marche km (§ 11.1.2.5.),
- classe de démarrage N<sub>d</sub> (§ 11.1.11.2.).
- ciasse de demarage 140 (3 11:11:11.2.).
- PUISSANCE EFFICACE EN RÉGIME INTERMITTENT :
- C'est la puissance nominale absorbée par la machine entraînée corrigée éventuellement suivant les conditions ambiantes (altitude, température).
- Si cette puissance est variable au cours du cycle, la puissance efficace Pe répond à la relation :

$$P_{e} = \sqrt{\frac{\Sigma_{1}^{n} (P_{e_{j}}^{2} \cdot t_{j})}{\Sigma_{1}^{n} t_{j}}} = \sqrt{\frac{P_{e_{1}}^{2} \cdot t_{1} + P_{e_{2}}^{2} \cdot t_{2} + \dots P_{e_{n}}^{2} \cdot t_{n}}{t_{1} + t_{2} + \dots t_{n}}}$$

avec  $P_{e_1}$ : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_1$ .

 $P_{\theta_2}$ : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_2$ .

 $P_{\theta_0}$ : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_n$ .

11.1.11.2. CLASSE DE DÉMARRAGE	$N_d = n_d + a \cdot n_l + b$ (> 6 démarrages/heure		n <sub>d</sub> : no n <sub>f</sub> : no n <sub>i</sub> : no fre	asse de démarrage.  ombre de démarrage de des des des des des des des des des	ectriques émarrag	s dans l'heure. es incomplets jusqu'au tiers	s de la
N <sub>d</sub>	Constantes	a	b	Par freinage électri	que, on	entend :	
	Moteurs à cage	3	0,5	- freinage à contre		,,	
	Moteurs à bagues	0,8	0,25	<ul> <li>freinage par inject</li> <li>freinage hypersyt</li> </ul>		courant continu (§ 11.1.8.17 (§ 11.1.8.18.).	'.),
11.1.11.3. CAS DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS ENTRAÎNANT DE FAIBLES INERTIES	classement.  - Calcul du facteur de $k_d = \frac{N_d \cdot t_d}{36}$ $k_d : t$ • À partir de :  • $k_m$ : facteur de démander de determiner le rapporte les abaques § 11.1.  • les abaques § 11.1.	s-outils. rentilateur s à l'heur s $\dot{a}$ l'heur $\dot{a} \leq 5$ s. $\dot{c}$ du motr le démar s à cage c démarrag classe de emps d'u rrage, he (§ 11.5., Fig 11.5., Fig 11.5., Fig 11.5., Fig	eur. rage.  les séries les séries le k <sub>d</sub> en s démarra n démarr 1.2.5.) le la puiss 1.6, pou	% : ge (§ 11.1.11.2.) rage (§ 11.1.6.5.) en s. sance P <sub>e</sub> du service in r les moteurs 4 pôles ; r les moteurs 6 ou 8 p	termitter ôles.	de à un déclassement ou à u	
				§ 11.1.11.3. avec la co du rotor du moteur			
	Petits palans	0,15		ques, ponts roulants Grues (Levage)	0,6	Portiques et ponts roulants (Direction)	2
	Monorails	0,2		Ascenseurs Monte-charges	0,8	Transporteurs Carrousels	3
	Élévateurs	0,3		reuils de halage	1	Grues (Orientation)	4
	Petits transporteurs	0,5	1	age de flèche pour grues et portiques	1,5	Portiques, ponts roulants et grues (Translation)	8
44 44 4				Fig. 15 – Valeur de m'			
11.1.11.4. CAS DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS POUR MOUVEMENTS VERTICAUX ET	Exemple: Données: Choix d'un moteur de la $P_{\rm e} = 2.2$ kW. Fréquence $N_{\rm d} = 25$ . $k_{\rm m} = 70$ % $J$ du réducteur et du fre Solution:	e de rotat %. a <sub>f</sub>	ion du tre = 1 000	euil : 100 min <sup>-1</sup> . $J = 1$ m. $t_a = 35$ °C.	,25 kg.m n <sub>n</sub> ~ 1	n <sup>2</sup> à 100 min <sup>-1</sup> . 500 min <sup>-1</sup> .	
HORIZONTAUX	- Facteur de démarrage - Facteur de marche : l			6 = 1,4 %.			

- Facteur de marche :  $k_{\rm m} = 70 \%$ .
- L'abaque § 11.1.11.5., Fig. 16 donne  $P_e/P_m = 0.6$  (Prendre la valeur par excès).
- Pe ne nécessite pas de correction pour l'altitude et la température de fonctionnement.
- Puissance du service intermittent : Pe = 2,2 kW.
- Puissance minimale du moteur : P<sub>m</sub> = 2,2/0,6 = 3,7 kW.
- Le tableau § 11.1.12.4. donne un moteur de 4 kW avec  $J = 0.01345 \text{ kg.m}^2$  à  $n = 1 440 \text{ min}^{-1}$ .
- -J à entraîner à  $n = 1 440 \text{ min}^{-1} : 1,25 \times (100/1 440)^2 = 0,006 \text{ kg.m}^2$ .

**Contrôle**: m = 0,006/0,01345 = 0,45 < m = 0,6.  $t_{\rm d} < 5$  s.  $P_{\rm e \ max} < 2$   $P_{\rm m}$ . Plus de 6 démarrages par heure. Si l'une des conditions n'est pas respectée, choisir un moteur de puissance plus élevée.

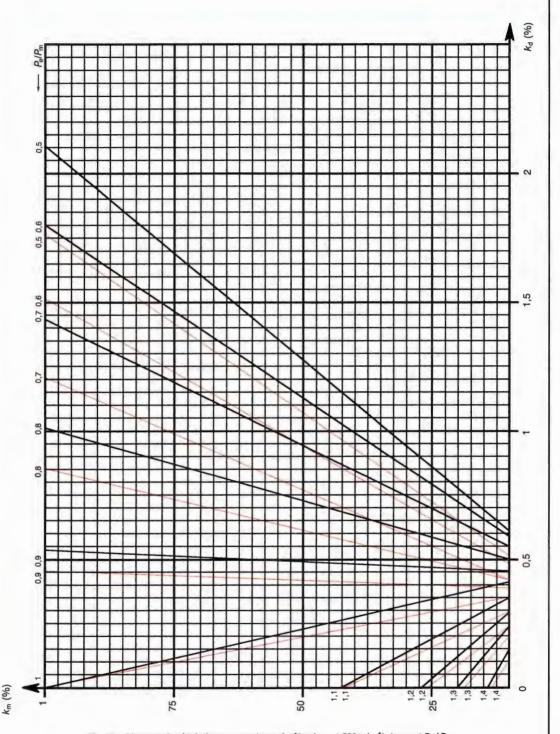
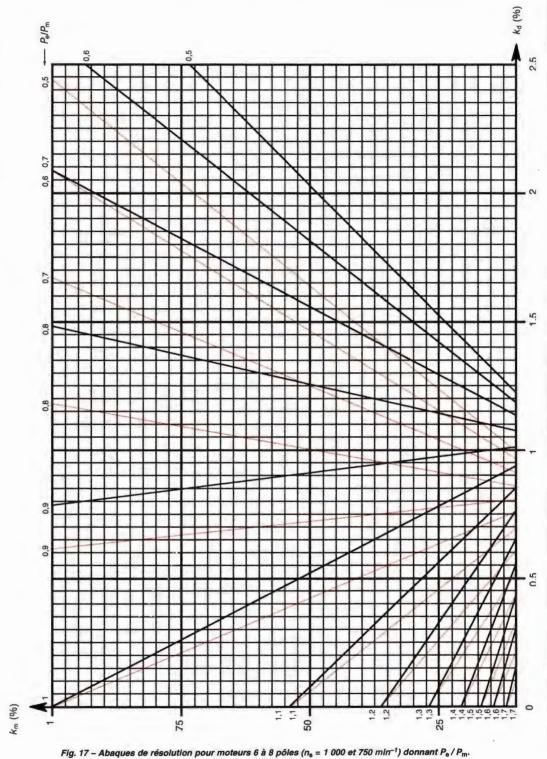


Fig. 16 – Abaques de résolution pour moteurs 4 pôles ( $n_{\rm e}$  = 1 500 min $^{-1}$ ) donnant  $P_{\rm e}$  /  $P_{\rm m}$ .

→ EN NOIR : Moteurs de hauteur d'axe ≤ 132 mm.

→ EN ROUGE : Moteurs de hauteur d'axe ≤ 160 mm.



→ EN NOIR : Moteurs de hauteur d'axe ≤ 132 mm.

→ EN ROUGE : Moteurs de hauteur d'axe ≤ 160 mm.

	MÉTHODE DE DÉTERMINATION	EXEMPLE
	DONNÉES:     Puissance sur l'arbre moteur     Caractéristiques de la machine entraînée (fréquence de rotation, rendement)	CAHIER DES CHARGES     Moteur-frein 0,75 kW motorisant un chariot de 24 tonnes à 1 400 min <sup>-1</sup> .     Vitesse linéaire : 15 m/min; rendement de la
	− Cycle de marche     ▼ − Type de frein     • VITESSE ANGULAIRE ET VITESSE LINÉAIRE :	chaîne cinématique : 0,8 ; coefficient de roulement K = 0,1 N/kg.  - Temps de marche : 12 s, arrêt : 33 s.  - Frein de sécurité à commande de repos.
	$Ω_n = 2 π n / 60 $ en rd/s $V_n$ en m/s • INERTIE RAMENÉE SUR L'ARBRE MOTEUR :	$\Omega_{\rm n} = 2~\pi~1~400/60 = 147~{\rm rd/s}$ $V_{\rm n} = 15/60 = 0.25~{\rm m/s}.$
7	$J_{\rm c}=m~(V/\Omega)^2$ en kg. m <sup>2</sup> Le tableau (§ 11.1.12.5.) donne $J_{\rm m}$	$J_{\rm c} = 24~000~(0,25/147)^2 = 0,068~{\rm kg.m^2}.$ $J_{\rm m} = 0,006~{\rm kg.m^2}.$
11.1.11.6. CAS DES	• CYCLE DE FONCTIONNEMENT : $t_c = t_N + t_R \rightarrow k_m = t_N/t_c$ • FRÉQUENCE DE DÉMARRAGE :	$t_{\rm C} = 12 + 33 = 45 \text{ s} \rightarrow k_{\rm m} = 12/45 \approx 25 \%.$
MOTEURS-FREINS	$Z_{\text{oc}} = Z_{\text{c}} \frac{J_{\text{m}} + J_{\text{c}}}{J_{\text{m}}} \text{ avec } Z_{\text{c}} = n / t_{\text{c}}$ $n : \text{nombre de démarrages/cycle.}$	$Z_{c} = \frac{1}{45/3600} = 80 \text{ h}^{-1}$ $Z_{oc} = 80 \frac{0,006 + 0,068}{0,006} = 990 \text{ h}^{-1}$
	faut $Z_0 \ge Z_{0c}$    $Z_0$ (§ 11.1.12.5.)	Le tableau § 11.1.12.5. donne $Z_c = 1.250 \text{ h}^{-1}$ Moteur LS 80 L2. Rotor aluminium,
	• CHOIX DU MOTEUR • TEMPS DE FREINAGE :  M.= m K	$\begin{cases} 230/400 \text{ V.} & 1500 \text{ min.}^{-1} \text{ Classe F. } 0,75 \text{ kW.} \\ \text{Frein à commande de repos } (U_{\text{f}} = 100 \text{ V}), \end{cases}$ $M_{\text{f}} = 24000 \times 0,1 \times \frac{0,25}{147} \times \frac{1}{0.8} = 5,1 \text{ Nm.}$
	$M_r = m \cdot K \cdot \frac{V}{\Omega} \cdot \frac{1}{\eta}$ en Nm. $t_{\rm f} = (J_{\rm m} + J_{\rm c}) \frac{\Omega_{\rm n}}{M_{\rm f} \pm M_{\rm r}}$ en s.	$t_{\rm f} = (0,006 + 0,068) \frac{147}{10 + 5,1} = 0,72 \text{ s.}$
	• DISTANCE D'ARRET : $L_{a} = V(t_{\mathbb{C}} + t_{2} + \frac{t_{1}}{2}) \text{ en m.}$	$L_a = 0.25 (0.01 + 0.26 + \frac{0.72}{2}) = 0.158 \text{ m}.$
	• PRÉCISION D'ARRÊT : $\Delta L_a = 0,2 L_a$ .	$L_{\rm a} = 0.158 \pm 0.032  {\rm m}.$
	Le choix des moteurs à bagues se fait à partir des t II faut connaître :  - la puissance d'entraînement (même démarche qu - le facteur de marche $k_m$ (§ 11.1.2.5.)  - la classe de démarrage $k_d$ (§ 11.1.11.3.)  • <i>Exemple :</i> Mouvement vertical. (Conditions ambia Masse à lever 50 t à 3 m/min. $k_d$ = 150. $k_m$ = 25 s	e pour les moteurs à cage § 11.1.1.) ntes normales.)
	La relation (§ 11.1.2.2.) donne: $P_e \ge m \cdot g \cdot \frac{V}{\eta} = 50 \times 9,81 \times \frac{3}{60 \times 0,84} = 29,2 \text{ kW}.$	
11.1.11.7. CAS DES MOTEURS À BAGUES	$\eta$ de la chaîne cinématique = 0,84. $K$ (coefficient La relation (§ 11.1.2.2.) donne :	piantes normales.) $k_{\rm d} = 150   k_{\rm m} = 25   \%.   1500   {min}^{-1}.$ de roulement) = 10.
	$P_{\rm e} \ge \frac{K.\ m.\ V}{6\ 115\ \eta} = \frac{10 \times 150 \times 40}{6\ 115 \times 0.84} = 11.7\ {\rm kW}. \qquad M_{\rm f} = \frac{10}{2} \times 1.00 \times 1.00 \times 10^{-1}$ If convient de choisir le moteur pour que :	
1	$M_{\rm h} \ge \frac{M_{\rm r} + M\delta}{1,9}$ avec $M\delta = m \cdot \delta \cdot \frac{V}{\Omega} \cdot \frac{1}{\eta}$ $\delta$	$= \begin{cases} 0,15 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de } 25 \text{ à } 30 \text{ m/min.} \\ 0,2 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de } 36 \text{ à } 60 \text{ m/min.} \\ 0,25 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de l'ordre de } 80 \text{ m/min.} \end{cases}$
	$M\delta = 150 \times 10^3 \times 0.2 \times \frac{40}{60} \times \frac{60}{2 \times \pi \times 1500} \times \frac{1}{0.84}$	= 152 Nm.
	$M_{\rm n} = \frac{74,5 + 152}{1,9} = 120 \text{ Nm soit } P_{\rm n} = 120 \times \frac{2 \times \pi \times 60}{60 \times 100}$ Le tableau (§ 11.1.12.6.) donne 2 moteurs LS FB 16	- 9 450 W par moteur. 30 Mv 4 de 9,5 kW. 1 425 min <sup>-1</sup> .

# 11.1.12. CHOIX DES MOTEURS

11.1.12.1. GUIDE DI	E CHOIX DES MOTEURS MO	NOPHASÉS				D'après LER	OY-SOMER)
TYPE	FORME ET ASPECT	HAUTEUR D'	AXE   PUISSANCE	COUPLE AU D		AU DÉMARRAG   FRÉQUENCE 	E DE ROTATION ALIMENTATION
MOTEUR À CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE R		56 63 71 80 90	90 à 1 100	1,7 à 2,5	3 à 5,7	~ 1 400 à ~ 2850	115 à 230
MOTEUR À CONDENSATEUR PERMANENT P		56 63 71 80 90	90 à 1 500	0,5 à 1	3,2 à 4,8	~ 1350 à ~ 2750	230
MOTEUR À CONDENSATEUR PERMANENT ET A CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE PR	Type de boîte à bornes version PR hauteur d'axe ≤ 90 mm	63 71 80 90 100 112 132	180 à 5500	1,4 à 3,2	5,4 à 6,6	~ 1 425 à ~ 2850	230
MOTEUR À BOSSAGES		Distance entre deux bossages opposés 146 ou 190	90 à 550			1 000 à 1 500	230
MOTO- VENTILATEUR		Diamètre de l'hélice 300 à 550	50 à 300	Débit m <sup>3</sup> 470 à 8500 suivant la pression		1 000 à 1 500	monophasé 230 V ou triphasé 230-400 V

MODE DE FIXATION	CONDITIONS PRINCIPALES	D'UTILISATION CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUI	ES
			APPLICATIONS ET REMARQUES
B3	Démarrage par condensateur éliminé par coupleur centrifuge.      Jusqu'à 550 W, démarrage par relais de tension R pour coupure du condensateur.	<ul> <li>Isolation classe E.</li> <li>Roulements graissés à vie.</li> <li>IP 54 (option IP 55 IK 08).</li> <li>Imprégnation au vernis tropicalisé.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation nécessitant un couple d démarrage important, pour 15 démai rages de courte durée maximum pa heure.</li> <li>Applications domestiques et tertiaire principalement.</li> <li>Fonctionnement prévu pour un servic continu S1.</li> <li>Possibilité de bride de fixation à trou taraudés.</li> </ul>
Fixation à pattes	Le condensateur permanent est fixé à l'extérieur de la boîte à bornes.	- Isolation classe E.  - Roulements graissés à vie.  - IP 54 (option IP 55 IK 08).  - Imprégnation au vernis tropicalisé.	<ul> <li>Utilisation sans contraintes particulières.</li> <li>Applications domestiques et tertiaire principalement.</li> <li>Fonctionnement prévu pour un servic continu S1.</li> </ul>
B5			Possibilité de bride de fixation à trou taraudés.
Fixation à brides	Démarrage par condensateur éliminé par coupleur centri- fuge.	- Isolation classe E.  - Roulements graissés à vie.  - IP 54 (option IP 55 IK 08).  - Imprégnation au vernis tropicalisé.	<ul> <li>Utilisation nécessitant un couple de déma rage important et un couple permaner élevé.</li> <li>Applications domestiques et tertiaires prir cipalement.</li> <li>Fonctionnement prévu pour un servic continu S1.</li> <li>Possibilité de bride de fixation à trou taraudés.</li> </ul>
Fixation par bos- sages. Possibilité de fixa- tion : B14-B5.	Utilisation en position verticale ou horizontale.      Moteur à 2 vitesses en option : 1 500/1 000 ou 1 500/750 ou 750/500.	<ul> <li>Carcasse en tôle acier peinte.</li> <li>Flasques en aluminium.</li> <li>Arbre en acier C45.</li> <li>Roulements protégés.</li> <li>Moteur IP 55.</li> <li>Connexion par boîte avec presse-étoupe.</li> <li>Option : arbre inox 230 C 13.</li> </ul>	<ul> <li>Entraînement d'aérothermes.</li> <li>Motoventilateurs d'évaporateurs.</li> <li>Motoventilateurs de condenseurs.</li> <li>Évaporateurs de chambres froides.</li> <li>Climatiseurs.</li> <li>Tourelles d'extraction.</li> <li>Homogénéisateur d'air.</li> <li>Ventilateurs de renouvellement d'air.</li> </ul>
Fixation pour virole en acier, assurant la tenue de l'en- semble.	Gamme de motoventilateurs utilisés en débit important et faible pression.      Moteur à 2 vitesses (1000-1500) en option.	<ul> <li>Hélice en aluminium.</li> <li>Carcasse en tôle acier peinte.</li> <li>Roulements protégés et graissés à vie.</li> <li>IP 55.</li> <li>Construit suivant les normes CEI et NEMA.</li> </ul>	<ul> <li>Renouvellement d'air de locaux industriels</li> <li>Salles de sport (3 à 5 volumes/heure).</li> <li>Serres.</li> <li>Salles de réunion.</li> <li>Aérothermes.</li> <li>Évaporateurs et condenseurs de groupe frigorifiques.</li> <li>Extracteurs d'air.</li> </ul>

APTITUDES	FORME ET ASPECT	T THE REAL PROPERTY.					
-		HAUTEUR D	'AXE   Puissance				
TYPE		mm	V		DÉMARRAGE   INTENSITÉ AI 	U DÉMARRAGE   FRÉQUENCE     min-1	
MOTEURS FERMÉS STANDARD ALUMINIUM ROTOR À CAGE		56 à 315	0,09 à 200	2,3 à 4,9	3,5	3 000 1 500 1 000 750	
MOTEURS FERMÉS STANDARD FONTE ROTOR À CAGE		80 à 315	0,75 à 550	1,5 à 3	2,8 à 7,8	3 000 1 500 1 000 750	
MOTEURS FERMÉS RENFORCÉS ALUMINIUM ROTOR À CAGE		80 à 315	0,75 à 132	1,4 à 3,7	2,7 à 8	3 000 1 500 1 000 750	230/400 400 400/690
MOTEURS FERMÉS RENFORCÉS FONTE ROTOR À CAGE		80 à 315	0,18 à 450	1,5 à 3,3	2,6 à 7,8	3 000 1 500 1 000 750	
MOTEURS OUVERTS ALUMINIUM ROTOR À CAGE	Moteur 11 kW, 1 500 min <sup>-1</sup> 400 V.	160 à 355	11 à 900	1,2 à 3	2,5 à 7,2	3 000 1 500 1 000 750	
MOTEURS-FREINS ROTOR À CAGE					repos) ou à co aux moteurs o		230/400 400 400/690 ou tension continue
MOTEURS DEUX VITESSES ROTOR À CAGE		en 1 bobina	age (3 000/1 5	de moteurs de 500 et 1 500/7 500 ; 1 500/1		750 min <sup>-1</sup> )	400
MOTEURS FERMÉS ÉCONOMIQUES ROTOR À CAGE		80 à 315	0,55 à 132	1,4 à 3,7	2,6 à 8	3 000 1 500	230/400 400 400/690
MOTEURS FERMÉS FONTE ROTOR BOBINÉ USAGE GÉNÉRAL		160 à 355	4 à 300	maxi 4,4	Adaptable en fonction du démarreur	1 500 1 000 750	
MOTEURS FERMÉS FONTE ROTOR BOBINÉ LEVAGE ET MANUTENTION		160 à 355	5 à 300	maxi 4,2	Adaptable en fonction du démarreur	1 500 1 000 750	400
MOTEURS FREINS ROTOR BOBINÉ	Moteur 55 kW, 1 000 min <sup>-1</sup> 400 V.	Frein à com travail (des 80 à 180.	nmande de re serré au repo	pos (serré au os) adaptable	repos) ou à co aux moteurs o	ommande de des gammes	

MODES DE FI		PRINCIPALES D'UTILISATION CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES	
*	*	<b>Y</b>	APPLICATIONS ET REMARQUES
B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B35-B14-V18 V19-B34	IP 55 IPW 55 IK 08	<ul> <li>Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>Flasques en fonte.</li> <li>Rotor en aluminium coulé.</li> <li>Isolation classe B.</li> <li>Roulements graissés à vie. Graisseur à partir du 160.</li> </ul>	Entraînement de tout système.     Robuste et performant.     Adapté aux besoins industriels courants.
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55 IP 55W IK 08	<ul> <li>Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>Rotor à cage en cuivre.</li> <li>Isolation classe F.</li> <li>Roulements graissés à vie jusqu'au 132.</li> <li>Graisseur à partir du 160.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation en milieu poussiéreux et très humide.</li> <li>Entraînement de tout système.</li> <li>Très robuste et performant.</li> </ul>
B3-B5 V1-B35	IP 55	<ul> <li>Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>Flasques en fonte.</li> <li>Rotor monobloc en aluminium.</li> <li>Isolation classe F.</li> <li>Roulements étanches jusqu'au 160.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation en milieu agressif.</li> <li>Sidérurgie, chimie.</li> <li>Marine, traitement des eaux.</li> <li>Papeterie, usine de cellulose.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55W IK 08 IP 58 en option	<ul> <li>Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>Rotor à cage en cuivre.</li> <li>Isolation classe F.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation en milieu très agressif.</li> <li>Résistance à la corrosion.</li> <li>Étanchéité à tous les niveaux.</li> </ul>
B3-B5-V1 B35	IP 23	<ul> <li>Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>Flasques en fonte.</li> <li>Rotor coulé sous pression.</li> <li>Isolation classe F.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation pour les démarrages difficiles et pour les démarrages répétés.</li> <li>Compresseurs à vis.</li> <li>Pompes.</li> </ul>
	IP 23 IP 55	<ul> <li>Isolation classe B (F en option).</li> <li>Alimentation directe ou séparée.</li> <li>Possibilité de commande manuelle par levier.</li> </ul>	<ul> <li>Levage.</li> <li>Mouvements horizontaux.</li> <li>Utilisation suivant le type de moteur.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 23 IP 55	<ul> <li>Caractéristiques suivant le type de moteur acceptant les deux fréquences de rotation.</li> </ul>	<ul> <li>Utilisation nécessitant 2 gammes de vitesse.</li> <li>Utilisation suivant le type de moteur.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55	<ul> <li>Dérive du moteur fermé renforcé.</li> <li>Isolation classe E3.</li> <li>η maxi à partir de 3/4 charge.</li> </ul>	<ul> <li>Résistance à la corrosion.</li> <li>Utilisation en tenant compte du bilar économique (surcoût amortissable dans un délai raisonnable).</li> <li>Bruit atténué.</li> <li>Cos φ voisin de l'unité.</li> </ul>
B3-B6-B7 B8-V5-V6	IP 55 IP 55W IK 08	<ul> <li>Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>Isolation classe F.</li> <li>Rotor bobiné avec bagues.</li> </ul>	<ul> <li>Tout entraînement nécessitant une adaptation du couple moteur au couple résistant.</li> <li>Démarrage par résistances ou rhéostal électrolytique.</li> </ul>
B5-V1-V3 B35	IP 55	- Carcasse lisse en fonte Flasques en fonte Isolation classe F.	<ul> <li>Adaptation du couple moteur au couple résistant.</li> <li>Démarrage par résistance ou par rhéo- stat électrolytique.</li> </ul>
	IP 55	<ul> <li>Isolation classe B (F en option).</li> <li>Alimentation directe ou séparée.</li> <li>Possibilité de commande manuelle par levier.</li> </ul>	Levage et mouvements horizontaux.      Utilisation suivant le type de moteur.

# 11.1.12.3. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS MONOPHASÉS

Couple de démarrage 1,8 à 2 fois le couple nominal, 2 sens de rotation, 2 tensions d'alimentation. Démarrage par condensateur éliminé par coupleur centrifuge (jusqu'à 0,55 kW, démarrage par relais de tension R sur demande à contacts spéciaux pour coupure de condensateur).

MOTEURS À CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE C OU R

PUISS	SANCE	TYPE	C/	ARACTÉRISTIQUES E	N CHARGE		-	RISTIQUES MARRAGE	CONDEN	ISATEUR	POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min-1	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	$\cos \varphi$	* I <sub>d</sub> /I <sub>n</sub>	* M <sub>d</sub> / M <sub>n</sub>	μF	٧	kg
0,09	0,12	LS 63 ER	1 420	1,3	45	0,70	3	1,7	35	120	5
0,12	0,17	LS 71 C	1 440	2,3	44	0,60	3	2	60	120	6
0.40	0.05	LS 63 ER	2 800	1,95	55	0,80	3,9	1,8	80	120	5,2
0,18	0,25	LS 71 C	1 445	2,65	52	0,60	3,8	1,8	80	120	7
0.05	0.00	LS 71 C	2 850	2,5	57,5	0,70	4,8	2,5	120	120	6,5
0,25	0,33	LS 80 C	1 415	3,3	52	0,65	3,6	2	120	120	9,5
0.07	0.50	LS 71 C	2 800	3,3	66	0,77	4,8	2	160	120	7,5
0,37	0,50	LS 80 C	1 405	4,4	54	0,69	3,7	1,9	160	120	10,5
0.55	0.75	LS 80 C	2 825	4,8	62	0,84	4,6	2	230	120	11
0,55	0,75	LS 80 C	1 390	6	57	0,72	4	1,9	230	120	12
0.75		LS 80 C	2 865	6	68	0,82	5,7	1,9	310	120	12,5
0,75	1	LS 90 C	1 425	6,8	65	0,76	4,7	1,9	310	120	15,5
4.40	4.5	LS 90 C	2 870	8,3	72	0,84	5,2	2,1	460	120	16,5
1,10	1,5	LS 90 C	1 435	9,5	66	0,79	5	1,8	460	120	17,5

Couple de démarrage 0,5 à 0,8 fois le couple nominal, 2 sens de rotation, une tension d'alimentation.

MOTEURS À CONDENSATEUR PERMANENT

PUISS	ANCE	TYPE	CA	ARACTÉRISTIQUES E	N CHARGE			RISTIQUES MARRAGE	CONDE	ISATEUR	POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min-1	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	$\cos \varphi$	* I <sub>d</sub> / I <sub>n</sub>	* M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	μF	V	kg
0.00	0.40	LS 56 P	2 800	1,1	51	0,74	3	0,75	3	400	4,2
0,09	0,12	LS 63 P	1 310	0,8	55	0,97	2,2	0,7	6	400	4,5
0.40	0.17	LS 63 P	2 770	0,9	60	0,96	3,4	0,7	5	400	4,7
0,12	0,17	LS 63 P	1 380	1,2	50	0,97	2,4	1,1	8	400	5
0.10	0.05	LS 63 P	2 800	1,4	62	0,94	3,3	0,85	8	400	5,2
0,18	0,25	LS 71 P	1 380	1,7	55	0,90	2,7	0,5	8	400	6
0.05	0.00	LS 71 P	2 750	2	60	0,91	3,4	0,9	8	400	6,5
0,25	0,33	LS 71 P	1 410	2,2	61	0,83	3,5	0,6	10	400	7
0.07	0.50	LS 71 P	2 760	3	62	0,90	3,1	0,7	10	400	7,5
0,37	0,50	LS 71 P	1 370	2,9	63	0,88	3,1	0,5	12	400	7,5
0.55	0.75	LS 71 P	2 730	3,8	69	0,97	3,1	0,5	12	400	8
0,55	0,75	LS 80 P	1 370	4,3	63	0,90	3	0,5	20	400	10,5
0.75	4	LS 80 P	2 775	5,3	68	0,94	4	0,6	20	400	11
0,75	1	LS 80 P	1 370	5,5	65	0,93	3,2	0,5	25	400	12
4.4	4.5	LS 90 P	2 790	7,8	70	0,91	4,2	0,6	30	400	16,5
1,1	1,5	LS 90 P	1 400	8,5	73	0,96	3,5	0,6	40	340	17,5
1,5	2	LS 90 P	2 750	9,8	72	0,95	4,3	0,6	40	400	18,5

Couple de démarrage 1,6 à 2 fois le couple nominal. Deux sens de rotation. Une tension d'alimentation. Démarrage par coupleur centrifuge.

MOTEURS À CONDENSATEUR PERMANENT ET CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE PR

PUISS	SANCE	TYPE	CA	ARACTÉRISTIQUES EI	N CHARGE			RISTIQUES MARRAGE	CONDEN	ISATEUR	POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min-1	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	Cos φ	* I <sub>d</sub> / I <sub>n</sub>	* M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	μF	٧	kg
0,55	0,75	LS 71 PR	2 845	3,6	73	0,96	5,5	2,4	10 60	400 250	7,6
0,55	0,75	LS 80 PR	1 425	4,3	65	0,90	5	2,2	20 80	400 250	11
0,75	1	LS 80 PR	2 895	5,4	71	0,88	5,6	2,7	16 80	400 250	11
0,75	1	LS 80 PR	1 430	5,4	68	0,90	5	2,2	25 100	400 250	12,5
1,1	1,5	LS 80 PR	2 890	7,4	74	0,93	5,5	2	25 100	400 250	12,6
1,1	1,5	LS 90 PR	2 425	7,1	74	0,95	5,4	2,2	30 150	400 250	16
1,5	2	LS 90 PR	2 875	9,3	74	0,97	6,3	2,5	30 150	400 250	17
1,5	2	LS 90 PR	1 440	9,1	76	0,97	5,7	1,6	40 150	400 250	18
1,8	2,5	LS 90 PR	2 890	11,7	76	0,96	5,5	2,2	40 150	400 250	19

	PUISS	ANCE	TVAC	INTEN (A			JPLE lm)	RE	NDEME (%)	NT		$\cos \varphi$		п	DU	MASS
	kW	Ch	TYPE	In sous	Id /In	M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	M <sub>max</sub> M <sub>n</sub>	1/2	3/4	4/4	1/2	3/4	4/4	min <sup>-1</sup>	ROTOR J kg.m <sup>2</sup>	kg
	0,09	0,12		0,29	4	2,5	2,4	52	60	58	0,62	0,75	0,82	2710	0,0001525	3,
	0,12	0,17 0,25	LS 56 L LS 63 M	0,45	3,50 5,2	3	2,2	45 58	52 65	56 67	0,59	0,70	0,79	2740	0,0001525	3,
	0,10	0,33	LS 63 M	0,65	6,5	3	3,7	60	68	71	0,60	0,68	0,80	2810	0,00025	5
	0,37	0,5	LS 71 L	0,98	4,8	2,3	2,6	72	71	70	0,60	0,75	0,82	2790	0,00035	-
	0,55	0,75	LS 71 L	1,4	4,5	2,3	2,7	70	72	72 72	0,68	0,81	0,84	2770	0,00045	7,
	0,75 1,1	1,5	LS 80 L	1,9 2,6	5,9 6,6	2,8	2,5 2,9	67,5	76	76	0,64	0,76	0,84	2810	0,000725	10,
	1,5	2	LS 80 L	3,4	7,1	3,4	2,9	74	77	78	0,71	0,81	0,85	2825	0,001225	,
	1,5	2	LS 90 S	3,6	6,2	2,7	2,9	69	74	77	0,67	0,80	0,83	2825	0,001375	15
ARACTÉRISTIQUES	1,8	2,5	LS 90 S	4,1	6,5	2,8	3	77 79	79 82	80 82	0,65	0,83	0,86	2830	0,0017	16
DES MOTEURS	2,2	3	LS 90 S	4,9 6,25	7,4 6,9	3,3	3,3	77	80	81	0,67	0,79	0,84	2860	0,002075	18 21
TRIPHASES ROTOR À CAGE	4	5,5	LS 112 M	8,7	7,8	2,9	2,9	82	82	82	0,74	0,82	0,86	2855	0,00845	27,
(MOTEURS	5,5	7,5	LS 112 M	11,9	7	3,3	3,1	79	82	83	0,70	0,80	0,85	2875	0,01075	32
2 PÔLES)	5,5	7,5	LS 132 S	11,9	7,8	3,3	3,1	79	82	83	0,70	0,82	0,85	2875	0,01505	46
SERVICE S1	7,5 9	10 12	LS 132 S LS 132 M	15 19.6	8 6,7	4,9 3,1	4,3 2,6	80 83	82 86	83 86	0,70 0,70	0,80	0,89	2875	0,018825 0,0236	57 63
- / - 1-1 1	11	15	LS 132 M	23,3	6,8	2,9	2,4	83	85	86	0,71	0,80	0,83	2 900	0,0285	72
	11	15	LS 160 M	22	6,9	3	2,5	80	84	85	0,83	0,87	0,89	2925	0,03375	76
	15	20	LS 160 M	29,6	7,5	3,3	3	81	86,5	87	0,81	0,87	0,89	2935	0,04325	90
	18,5 22	25 30	LS 160 L LS 180 M	35 42.3	7,5	3,1	3,1	84,5	87,5 87,5	88 88.5	0,84	0,67	0,91	2940 2940	0,05375	105
	30	40	LS 200 L	57	6,9	3,2	2,6	87	89	89.5	0,83	0.87	0.89	2920	0.09625	160
	37	50	LS 200 L	69	7,3	2,6	2,8	87	90	90	0,85	0,89	0,90	2940	0,148	205
	45	60	LS 225 M	85	7,1	2,6	2,9	83,5	87,5	89	0,84	0,88	0,90	2940	0,398	255
	55	75	LS 250 M	104	7,5	2,6	2,7	84	88,5	89,5	0,82	0,88	0,89	2950	0,715	320
	75 90	100 125	LS 280 S LS 280 M	139,5 162	7,9 7,9	3,3	3,2 2,9	87,5 88	90,5 91	91,5 92	0,82	0,86	0,89	2960 2960	1,085 1,6375	390 510
	110	150	LS 315 S	199	7,5	2,9	2,6	89	91,5	92,5	0,87	0,90	0,91	2965	1,905	650
	132	180	LS 315 M	237	7,8	3,3	2,6	89,5	92,5	93,5	0,84	0,88	0,90		2,2275	740
	160	220	LS 315 M	300	7,7	1,7	2,5	91	93	93,5	0,79	0,85	0,87		2,15	1050
	0.09	270	LS 315 M	367 0.38	7,8	1,7	2,5 1,85	92	94	94 54	0,8	0,85	0,88		2,6 0.00002	1150
	0,09	0,12	LS 63 M	0,36	2,79	2	2	52	56	55	0,48	0,56	0.80		0.00035	4.
	0,18	,	LS 63 M	0,60	3,50	2,10	2,10	56	60	63	0,57	0,68	0,78	1390	0,000475	5
	0,25	0,33	LS 71 L	0,82	3,90	1,8	2,4	50	57	61	0,51	0,64	0,75		0,000675	6,
	0,37	,	LS 71 L	1,1	4,36	1,85	2,5	58 60	64 66	67 68	0,51	0,66	0,76		0,00085	7,
	0,55 0,75	0,75	LS 80 L	1,65 2,1	4,61 4,76	2,1	2,2	66	71	72	0,50 0,57	0,64 0,70	0,75 0,75	1.5	0,001375 0.0018	10,
	0,9	1,25	LS 80 L	2,6	5,38	2,9	2,7	67	73	73	0,48	0,61	0,76		0,00235	11,
	1,1	1,5	LS 90 S	2,7	5,67	2,2	2,4	74	76	77	0,60	0,74	0,82	1 420	0,003175	14
	1,5	2	LS 90 L	3,7	5,92	2,3	2,6	75	78	78	0,57	0,72	0,80		0,003925	15
	1,8	2,5	LS 90 L	4,3 5,25	5,65 6,3	2,1	2,3	78 78	80 80,5	79 81	0,62	0,75	0,82		0,0049 0,00595	17 21
RACTÉRISTIQUES	3	4	LS 100 L	7,1	6,35	2,8	2,8	78	81	81	0,60	0,72	0,79		0,00333	23
DES MOTEURS	4	5,5	LS 112 M	9,5	5,7	2,3	2,4	79	81	82	0,56	0,70	0,78	1 440	0,01345	28
TRIPHASÉS	5,5	7,5	LS 132 S	11,8	7,25	2,4	2,5	79	82	83	0,57	0,73	0,85		0,021125	45
ROTOR À CAGE (MOTEURS	7,5 9	10 12	LS 132 M LS 132 M	16 18.6	7,9 8,2	3,2	3,1 2,9	81 83	84 85	85 85	0,66	0,77	0,83		0,03345 0,038525	56 62
4 PÔLES)	11	15	LS 160 M	22	5	2,1	2,1	86	87.5	87	0,80	0,85	0,87		0.05375	80
SERVICE S1	15	20	LS 160 L	29,3	5,8	2,4	2,5	88	89	89	0,76	0,83	0,86	1 445	0,073	97
	18,5	25	LS 180 M	36,4	5,8	2,5	2,4	88	89	88,5	0,77	0,84	0,87		0,0885	113
	22 30	30 40	LS 180 L	44,1	5,5	2,4	2,5	88	89	89	0,73	0,81	0,85	1 455		135
	37	50	LS 200 L LS 225 S	60 72	6,3 6,4	2,5	2,4	87,5 88,5	89,5 90.5	89,5 90.5	0,74	0,81	0,85 0,86		0,15125 0,25675	170 210
	45	60	LS 225 M	85,5	6	2,7	2,7	89,5	91	91	0,75	0,83	0,86		0,6065	275
	55	75	LS 250 M	106	6,6	2,7	2,7	89	91,5	92	0,77	0,83	0,86		1,1075	315
	75	100	LS 280 S	145	7	3,1	2,9	90	91,5	92	0,78	0,82	0,85		1,5775	400
	90	125	LS 280 M		7	3,1	2,7	90,5	92	92,5	0,77	0,83	0,85		2,15725	565
	110 132	150 180	LS 315 S LS 315 M	211 253	7,4 7,1	3,4	2,6 2,6	90,5 91,5	92 93	93 94	0,75 0,75	0,81	0,85	1 4/5	2,6515 2.967	685 750
	160	220	LS 315 L	300	7,1	1,7	2,7	93	94	94	0,73	0,84	0,86	1 475		1050
	200	270	LS 315 L	370	7,2	1,7	2,7	93,5	94,5	95	0,8	0,84	0,86	1 475		1150

11.1.12.5. CARACT							-						Leroy-	
	Masse	Inertie		Frein			Moteu	r			Frein		Inertie	Mass
	m kg	10 <sup>-3</sup> kg.m <sup>2</sup>	M <sub>F</sub> /M <sub>n</sub>	M <sub>F</sub> faible Nm	M <sub>F</sub> fort Nm	P kW	LS		P kW	M <sub>F</sub> fort Nm	M <sub>F</sub> faible Nm	M <sub>F</sub> /M <sub>n</sub>	J 10 <sup>-3</sup> kg.m <sup>2</sup>	<i>m</i> kg
			000 min	<sup>-1</sup> (2 pôl	es)					1	500 min	<sup>-1</sup> (4 pôl	_	
	10 10,5	1,35 1,45	4,24 2,86	1,5 1,5	5 5	0,37 0,55	LS 71 I LS 71 I LS 71 I	_1	0,25 0,37	5 5 5	1,5 1,6 1,6	3,14 2,12 1,43	1,7 1,85 2,1	10 10,5 12
	14,5 16	4,8 5,1	4,18 2,86	4 4	10 10	1,75 1,1	LS 80 I LS 80 I	1 2	0,55 0,55 0,75	10 10	4	2,86 2,09	5,5 6	14,5 16
	16,5 23 24	5,6 7,5 7,8	2,10 4,20 3,5	4 6 6	10 20 20	1,5 1,5 1,8	LS 90 I LS 90 I	-1	0,9 1,1 1,5	10 20 20	4 6 6	1,75 2,85 2,09	6,5 9 9,3	16,5 23 24
SÉLECTION DES	26 35 38	8,1 13 13,6	2,86 4,21 3,39	6 19 19	40 40	2,2 3 3,7	LS 100 I LS 100 I	.1	1,8 2,2 3	40 40	19 19	1,74 2,86 2,09	10,6 16 17,4	26 35 38
MOTEURS-FREINS À COMMANDE DE	45 46	17,5 19	3,15 2,29	19 19	40 40	4 5,5	LS 112 I LS 112 I	VI1	4 4,5	40 40	19 19	1,78 1,39	27 28,6	45 46
REPOS	93 104 118 128	17,6 21,3 26,1 31,2	6,85 5,02 4,20 3,43	32 32 32 32	120 120 120 120	5,5 7,5 9 11	LS 132 S LS 132 S LS 132 I LS 132 I	SM1 V1	• 5,5 7,5 9	120 120 120 120	92 32 32 32	9 3,43 2,45 2,09	9 23,6 36 41	104 118 128
	•	:	:	:	:	:	LS 160 I		1	150 150	40 40	2,14 1,57	64 83	135 152
	•	•	•	•	•	•	LS 180 I	VIT 1	8,5	180	40	1,27	99	168
	Les ca	: cou t : limi ble : limi	iple de ite de re ite de re stiques	freinage églage s églage i électriq	e fort rar supérieu nférieure	nené au re du co e du cou	e considér couple no puple de fr iple de fre ées § 11.1	ominal einage inage.			a puiss	ance et	de la h	auteur
	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d' Exprin	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en l	uple de reite de restiques condante	freinage églage s églage i électriques.	e fort rar supérieu nférieure ues son Rotor	nené au re du co e du cou	couple no puple de fr iple de fre ées § 11.1	ominal reinage inage.		ard de	Rot	ance et		
	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe Marteur	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	uple de ite de restiques en condante	freinage églage s églage i électriques.	e fort ran supérieur nférieure ues son Rotor	nené au re du co e du cou indiqué aluminiu	couple no puple de fre iple de fre des § 11.1	ominal reinage inage. I.12.5 e	en reg	ard de	Rot	or DP	Classe	F
	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe Mateur d'axe	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en /	uple de reite de reit	freinage églage s églage i électriques.	e fort rar supérieur nférieure ues son Rotor e B	nené au re du co e du cou indiqué aluminiu 6 25 %	couple no uple de fre piple de fre se § 11.1  Classe F 40 %	ominal reinage inage. 1.12.5 €	en reg	Classe 40 °	Rot 8 60 %	for DP	Classe	F 60 %
	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe Marteur	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	uple de ite de restiques en condante	freinage églage s églage i électriques.	e fort ran supérieu nférieur ues son  Rotor te B  60 9 0 500	nené au re du co e du cou indiqué aluminiu 6 25 %	couple no pupile de fre pupile	ominal reinage inage. I.12.5 e	en reg	Classe 40 900 9000 9000 9000 9000 9000 9000 9	Rot 60 % 60 % 600	6 25 %	Classe 40 % 0 1 350	F 60 %
	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	uple de reite de reite de reite de reitiques condante cond	freinage séglage séglage i électriques.  Class  Class  640  70  640  570	Rotor  Rotor  B 60 9  0 500  4 450  2 400	aluminiu  aluminiu  1 25 % 1 25 % 1 25 % 1 25 % 1 25 % 1 1 44	couple no puple de fre puple de	60 % 750 675	25 9 1 05 95	Classe % 40 ° 0 9006 80-0 715	Rot 60 % 600 % 600 4 563 600	6 25 % 1 50 3 1 43 1 27	Classe 40 % 0 1 356 4 1 20 5 1 07	<b>60 %</b> 0 950 7 844 3 750
FRÉQUENCE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	uple de reite de reit	freinage s églage s églage s églage i électrique s class  Class  40 70 64 57 63 35	Rotor  Rotor  8 60 9 0 500 4 450 2 400 8 250	aluminiu  aluminiu  aluminiu  1 25 % 1 25 % 1 140 1 1 020	couple no puple de fre piple de	60 % 750 675 600 375	25 % 1 05 95 95 53	Classe 0 900 6 80-0 0 71:1 1 44:3	Rot 8 60 % 60 % 600 4 563 600 7 313	60 DP  60 25 % 1 500 3 1 433 1 1 273 3 79	Classe  0 40 % 0 1 355 4 1 20 5 1 073 7 676	<b>60 % 60 % 7 844 3 750 469</b>
FRÉQUENCE DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe d'axe	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	pple de reite de reit	freinage s églage s églage s églage i électrique s .  Class	Rotor  Rotor  Rotor  8 4 450  2 400  8 250  6 200	aluminiu aluminiu aluminiu 1 25 % 1 25 % 1 1 44 1 1 020 6 630	couple no pupile de fre pupile	60 % 750 675	25 9 1 05 95	Classe 0 900 6 80-0 711 1 443 5 356	Rot 8 60 % 600 % 563 600 7 313 250	6 25 % 1 50 3 1 43 1 273 3 79 6 63	Classe  40 % 0 1 356 4 1 200 5 1 073 7 676 8 536	F 60 % 950 7 844 8 750 469 6 375
DE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100 112 132 160	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur	uple de reite de reit	freinage s églage s églage s églage i électrique s .  Class	Rotor  Rotor  Rotor  8 4 450  2 400  8 250  6 200	aluminiu alu	couple no pupile de fre pipile	60 % 750 675 600 375 300	25 % 1 056 956 956 53	Classe 0 900 6 80-0 711 1 443 5 356	Rot 8 60 % 600 % 563 600 7 313 250	60 DP  6 25 % 1 500 3 1 433 6 1 27: 8 79 6 636 6 31: 18	Classe  40 % 0 1 356 4 1 20 5 1 076 7 676 8 536 9 266 0 186	<b>F 60 %</b> 950 7 844 8 750 0 469 6 375 8 188 0 150
DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe € Exprin Mu  Hauteur d'axe  71  80  90  100  112  132  160  180	: cou t : limi ble : limi aractéris correspo née en / oteur   Isola   k <sub>m</sub>	pple de reite de reit	Class % 40 70 6 64 6 57 6 28 7 14	Rotor	aluminiu aluminiu 25 % 1 25 % 1 140 1 102 1 510 251	couple no puple de fre puple de	60 % 750 675 600 375 300	25 % 1 056 956 956 53 421	Classe % 40 ° 0 900 6 80- 0 71: 1 44: 5 35: 3 17:	Rote B  60 % 60 % 563 563 600 77 313 250 125	6 25 % 0 1 500 3 1 43 0 1 27 3 79 0 63 6 31 18 18	Classe 40 % 0 1 356 4 1 200 5 1 073 7 676 8 536 9 266 0 188 0 188	F 60 9 950 7 844 3 750 0 469 6 375 3 188 0 150
DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe € Exprin Mu  Hauteur d'axe  71  80  90  100  112  132  160  180	: cout : limible	pple de reite de reit	freinage seglage i électriques.  Class  6 40 70 64 757 63 35 75 28 75 14 14 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15	Rotor  Rotor  Rotor  8 4 450  4 450  8 250  6 200  3 100  6 aux se égalerr les fonciles fonci	aluminiu  aluminiu  6 25 % 1 25 1 14 1 0 25 1 125 1 125 1 125 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25 1 14 1 0 25	couple no puple de fre puple de fre ses § 11.1  Classe F 6 40 % 0 1 050 8 965 0 950 8 536 0 429 5 215  S1 et S2 compresses pour de ents en ca	60 % 750 675 600 375 300 150	25 9 1 05 95 53 42: 21: rende vemer car let	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 356 3 179 ment et ats cade	Roll  B  60 %  60 %  60 %  7 313  8 250  9 125  son cosncés. de dém	6 25 % 1 500 3 1 433 3 1 273 3 79 6 633 1 18 1 18 1 18 1 s φ sont	Classe	F 60 % 950 7 844 3 750 469 3 188 0 150 150 65 ma
DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les ca d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100 112 132 160 Rotor Rotor	: cout : limible	pple de reite de reit	freinage seglage segla	Rotor  Ro	aluminiu  aluminiu  6 25 %  1 125  1 1 14  1 0 25  25  ervices \$ ent utilis tionnem qu'au co	couple no pupile de fre pupile no pupile no pupile no pupile de fre pupile no pupile no pupile no pupile no pupile no pupile de fre pupile no pupile de fre pupi	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son es mouadence inal, ald	25 9 1 05 95 53 42: 21: rende vvemer car leiors que	Classe % 40 ° 0 900 6 80- 0 71: 1 44: 5 35: 3 17:  ment et atts cade e couple e l'intens	Rof 8 60 % 60 % 60 % 60 % 60 % 60 % 60 % 60	1 500 DP 1 500 1 500 3 1 430 1 270 3 79 1 180 180 180 180 180 180 180 180 180 1	Classe	F 60 9 950 7 844 8 750 9 4 375 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe Exprine  Hauteur d'axe  71 80 90 100 112 132 160 180 Rotor Rotor	: cout : limital : cout : limital : limital : limital : limital : limital : corresponde en / coteur : lisolar : km   km   lisolar : liso	pple de reite de reite de reitiques e condante c	freinage séglage séglage séglage séglage séglage i électriques.  Class  6 40 70 640 576 35 9 28 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 1	Rotor  Ro	aluminiu alu	couple no puple de fre puple de fre ses § 11.1  Classe F 6 40 % 0 1 050 8 965 0 950 8 536 0 429 5 215  S1 et S2 compresses pour de ents en ca	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son es mouadence inal, ald	25 9 1 05 95 53 42: 21: rende vvemer car leiors que	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 356 3 179 ment et ats cade	Roll  B  60 %  60 %  60 %  7 313  8 250  9 125  son cosncés. de dém	1 500 DP 1 500 1 500 1 1 500 1 1 27:3 79 2 63:3 1 18:3 18:5 φ sont that arrage demarra	Classe	F 60 % 9500 9500 469 6 375 8 188 0 150 150 6 ma
DE DÉMARRAGE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100 112 132 160 180 Rotor Coeffic pour o	: cout : limital : cout : limital : limital : limital : limital : limital : corresponde en / coteur : lisolar : km   km   lisolar : liso	pple de reite de reit	freinage séglage séglage séglage séglage séglage i électriques.  Class  6 40 70 640 576 35 9 28 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 14 9 1	Rotor	aluminiu alu	couple no pupile de fre pupile no pupile no pupile no pupile de fre pupile no pupile no pupile no pupile no pupile no pupile de fre pupile no pupile de fre pupi	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son ear son eadence inal, alon	25 9 1 050 955 33 42: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 2	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 35: 3 179 ment et ints cade e couple e l'inten:  t <sub>1</sub> = t	Rof 8 60 % 60 % 0 600 4 563 5 6000 7 313 3 2500 9 125 son cosnicés. de démisité de c	6 25 % 1 500 3 1 433 1 1 273 3 79 6 331 1 18 1 18 1 18 1 18 1 18 1 18 1 18	Classe	60 9 950   950
DE DÉMARRAGE Z <sub>0</sub>	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100 112 132 160 180 Rotor Coeffic pour o	: cout : limible	pple de reite de reit	class	Rotor Rotor Re B  % 60 % 0 500 4 450 2 400 8 250 6 200 3 100 6 aux se e égalem les foncux » justonoteur rotor supplies foncux » gustonoteur rotor roto	aluminiu aluminiu aluminiu 6 25 % 1 25 % 1 1 44 1 1 020 6 630 1 250 ervices Sent utilistionnem qu'au co	couple no pupile de fre pipile	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son es mou adence inal, alon	25 9 1 050 955 33 42: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 2	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 35: 3 17:  ment et nts cade e couple e l'intens  t <sub>1</sub> = t des	Rof B	1 500 1 500 1 1 500 1 1 27: 3 79 1 63: 3 1 1 8: φ sont narrage démarra du freir du freir du freir du freir du freir du freir de la freir de la freir du freir de la freir de	Classe	60 9 950   950
DE DÉMARRAGE Z <sub>0</sub>	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe of axe	: cout : limitole : li	pple de reite de reit	freinage seglage seglage seglage seglage seglage seglage seglage in the following seglage segl	Rotor raisupérieum nférieum ues son les Boros de les foncieum se Boros de les foncieum et aux se	aluminiu alu	Classe F Cla	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son es mouadence inal, alconal um 132-188 26	25 9 1 050 955 33 42: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 2	Classe % 40 ° 0 900 6 80- 0 71! 1 44: 5 35: 3 17:  ment et nts cade e couple e l'intens  t <sub>1</sub> = t des t <sub>2</sub> = t	Rof B	1 500 1 500	Classe	F 60 % 0 950 7 844 8 750 0 469 6 375 8 188 0 150 0 150 és mai
DE DÉMARRAGE Z  ARACTÉRISTIQUES DU FREIN À COMMANDE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe of axe	: cout : limible	pple de reite de reit	class  Cl	Rotor raisupérieum nférieum ues son les Boros de les foncieum se Boros de les foncieum et aux se	aluminiu alu	Classe F Cla	60 % 750 675 600 375 300 150 ar son es mouadence inal, alconal um 132-188 26	25 ° 1 05 0 95 53 42: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 2	Classe  (% 40 ° 0 900 6 800 0 71! 1 44: 5 35: 3 17:  ment et nts cade e couple e l'intens  (n 1 t <sub>1</sub> = t des t <sub>2</sub> = t seri	Rof B	1 1 500 1 1 500 1 1 27: 3 79 1 63: 3 1: 18: 43: 43: 43: 43: 43: 43: 43: 43: 43: 43	Classe	60 %   950
DE DÉMARRAGE Z <sub>0</sub> ARACTÉRISTIQUES DU FREIN	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe d'axe d'axe d'axe d'axe d'axe 71 80 90 100 112 132 160 180 Rotor Rotor Coeffic pour o Hate to to the total	: cout : limible	pple de rite de restiques de condante de restiques de restiqu	class	Rotor rar supérieum férieum per son de la company de la co	aluminiu alu	Classe F  Classe	60 % 750 675 600 375 300 150 150 132-1 186 59 3	25 9 1 050 955 33 42: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 21: 2	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 35: 3 17:  ment et ints cade e couple e l'inten:  t <sub>1</sub> = t des t <sub>2</sub> = t seri	Rof 8	6 25 % 1 500 3 1 430 3 1 273 3 79 6 636 6 311 188 189 6 636 6 1 430 6 1 430 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Classe	60 %   950
DE DÉMARRAGE Z  ARACTÉRISTIQUES DU FREIN À COMMANDE	M <sub>F</sub> for M <sub>F</sub> fail Les cad'axe of axe	: cout : limitole : li	pple de rite de re rite de r	class	Rotor	aluminiu alu	Classe F  Classe	60 % 750 675 600 375 300 150 150 132-1 186 59 3	25 % 1 050 950 950 421 21:	Classe % 40 ° 0 900 6 80 0 71! 1 44: 5 35: 3 17:  ment et ints cade e couple e l'inten:  t <sub>1</sub> = t des t <sub>2</sub> = t seri	Rof 8	6 25 % 1 500 3 1 430 3 1 273 3 79 6 636 6 311 188 189 6 636 6 1 430 6 1 430 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Classe	60 % 0 950 7 844 8 750 0 469 6 375 8 188 0 150 0 150 és mai é et éduite.

		T						7			OR J m puéce			
	ТҮРЕ	PUISS	SANCE		PLEINE	CHARG	/ stato		ROT		ROTOR	MOTEUR	RHÉOSTA	
	LS-FB	kW	Ch	n min <sup>-1</sup>	η %	cos	sous 400 V		U <sub>R</sub>	/R A	kg.m <sup>2</sup>	kg	(Polystar	
	160 M	7,5	10	1 440	85	0,80	17	3,8	180	27	0,07	130	LB 25/80	
	160 L	11	15	1 440	87	0,80	24	4	244	30	0,0875	155	LB 25/80	
	180 M	13	17,5	1 445	86	0,81	28	3,2	250	32	0,1625	208	LB 25/80	
MOTEURS	180 L	15	20	1 450	88	0,85	30	3,2	290	32	0,1875	220	LB 25/80	
TRIPHASES	200 L	18,5	25 30	1 455	88 89	0,83	38	2,8	350	33	0,325	254	LB 25/80	
À BAGUES	200 L 225 S	22	35	1 460	89.5	0,84	45 50	2,9	420 245	33 63	0,375	270 292	LB 25	
USAGE GÉNÉRAL	225 M	30	40	1 460	90	0,85	59	3	285	64	0.6	313	LB 25	
SERVICE S1	250 M	37	50	1 465	90,5	0,85	73	3,3	336	67	0,675	403	LB 25	
	250 M	45	60	1 465	91	0,85	86	3,5	410	67	0,75	437	LB 65/80	
	280 S	55	75	1 475	90	0,83	121	3,7	400	90	1,625	665	LB 65/14	
	280 M	75	100	1 475	90	0,83	153	3,7	480	93	1,875	810	LB 65/14	
	315 M	90	125	1 475	91	0,83	181	3,4	490	110	2,15	865	LB 65/14	
	315 M	110	150	1 475	91,5	0,90	203	2,8	600	110	3,15	1 120	LB 120/1	
	315 L	132	180	1 478	92	0,87	_	3,7	690	113	3,6	1 240	LB 120/1	
		k <sub>m</sub>	P	"	M	max	/ stator	rotor	rotor		Jen kg.	m²	MOTEU	
	TYPE FLSB		1		-	M <sub>n</sub>	400 V	I <sub>R</sub>	UR					
		%	kW	min-1			A	A	V	Rotor	Entraîné	e Totale	kg	
		25	11	1 410		,6	23	40						
	160 M	40	10	1 420		,9	21	36	180	0,07	0,2425	0,3125	130	
		60	8,5	1 430		,4	19	31			-		+	
	160 L	25 40	16,5 14,5	1 410		,7	34 30	46 40	244	0,0875	0,35	0,4375	155	
	100 L	50	12,5	1 431		,5	26	34	244	0,0075	0,35	0,4375	155	
	-	25	19.5	_	_	,1	40	49		-	-	_		
	180 L	40	17	1 427		4	35	42	250	0,1625	0,3625	0,525	208	
		60	15	1 436		,8	31	37		1	.,	1,		
		25	22	1 425	2	,2	42	48						
	180 L	40	19,5	1 434		,5	38	42	290	0,1875	0,4125	0,6	220	
		60	17	1 443		,8	33	36						
		25	28	1 431		,1	55	51	050					
	200 L	40	24	1 441		,5	48	43 38	350	0,325	0,45	0,775	254	
	*	60 25	21	1 448		,8	63	50		-	+	-	-	
	200 L	40	28	1 449		,5	55	42	420	0,375	0,5	0,875	270	
	237.2	60	25	1 454		.8	50	38	120	0,0.0	0,0	0,070		
		25	45	1 439	2	,3	84	90						
MOTEURS	225 M	40	39	1 447	2	,7	73	77	285	0,4575	0,7925	1,25	313	
TRIPHASÉS		60	34	1 454			65	67						
À BAGUES		25	55	1 447		,4	104	101						
USAGE GÉNÉRAL	250 M	40	48	1 454			91	97	335	0,675	0,975	1,65	403	
SERVICE S3		60	67	1 460		,1	81 126	76 101		-	-	-	-	
(6 démarrages/h)	250 M	40	58	1 440			111	87	410	0,75	1,15	1,9	437	
		60	51	1 459			99	76	,	5,70	1,10	.,0	107	
		25	90	1 447		7	174	137						
	280 S	40	77	1 455		,2	149	116	400	1,4	1,1	2,5	665	
		60	68	1 460		,6	133	102			-			
	200 14	25	112	1 462			202	140	400	1 675	1 45	2 105	040	
	280 M	40 60	96 85	1 468			177 161	120 106	480	1,675	1,45	3,125	810	
		25	135	1 454			258	167			+	1	-	
	315 M	40	115	1 461			221	141	490	2,275	1,475	3,75	865	
		60	102	1 466			198	125		,2	1,	1	1	
		25	167	1 469	_	_	304	168						
	315 M	40	140	1 474			256	140	600	2,8	1,7	4,5	1 120	
		60	125	1 477			230	125						
	045 :	25	200	1 469			357	172	000	0.5				
	315 L	40	170	1 474			305	146	690	3,2	2,25	5,45	1 240	
		60 25	150	1 477			272 437	129 302			-	-	-	
	355 L	40	210	1 470			384	264	490	6,25	0,45	6,7	1 550	
	000 E	60	185	1 477			342	232	430	0,20	0,40	0,1	, 330	
		25	330	1 467	_		604	317						
	355 L	40	285	1 471			526	273	630	7,875	1,375	9,25	1 660	
		60	255	1 474			476	244						

		<i>k</i> <sub>m</sub>		CL	ASSE	150			CL	ASSE	300			CL	ASSE	600				en kg.m	12	m
	TYPE FLSLB		P	n	M <sub>max</sub>	stator sous 400 V	rotor	P	n	M <sub>max</sub> M <sub>n</sub>	stator sous 400 V	rotor	P	n	M <sub>max</sub> M <sub>n</sub>	stator sous 400 V	rotor	rotor	Rotor	Entraî- née	Totale	teui
		%	kW	min-1		A	A	kW	min-1		A	A	kW	min-1		A	A	V				kg
		25	_	1 425	_	20	34															
	160 M	40	8,5	1 430	3,4	19	31	7,5	1 440	3,8	17	27						180	0,07	0,2425	0,3125	13
		60		1 440	_	17	27	0,5	1 450	4,4	15	23	6	1 460	5,7	13	18					
		25	14	1 425	3,1	29	38															
	160 L	40		1 431	3,5	26	34		1 443	4,2	23	28	_					244	0,0875	0,35	0,4375	15
		60	11	1 440	4	24	30	9,5	1 448	4,6	22	26	7	1 462	6,3	18	19					
	180 M	25	17	1 427	2,4	35	42 37	10.5	1 447	22	27	31						250	0,1625	0.3625	0,525	20
	180 M	60	15 13	1 445	,	31 28	32	11	1 447	3,3	25	27	9.5	1 464	4,9	21	21	250	0,1020	0,3623	0,525	20
	$\vdash$	25	19	1 436	-	37	41		1 400	3,0	23	21	0,3	1 404	4,3	21	- 21		-			$\vdash$
	180 L	40	17	1 443		33	36	14.5	1 452	3,3	29	31						290	0,1875	0.4125	0,6	22
		60	15	1 450		30	32	13	1 457	3,7	27	28	10	1 457	4,8	22	21		0,1010	0,	0,0	
		25	23	1 444	2,6	46	71			-,-					,-							
	200 L	40	21	1 448	2,8	42	65	18	1 456	3,3	37	55						200	0,325	0,45	0,775	25
		60	18,5	1 455	3,2	38	57	16	1 461	3,7	34	49	12	1 471	4,9	28	36					
MOTEURS		25	27	1 450	2,6	53	70															
TRIPHASÉS	200 L	40	25	1 454	2,8	50	65	21	1 462	3,3	43	54						242	0,375	0,5	0,875	27
A BAGUES		60	22	1 460		45	57	19	1 465	3,7	40	49	14,5	1 473	4,8	34	37					
05011105		25	37	1 450		70	124															
SERVICE	225 M	40	33	1 456	,	64	110	28	1 463	3,7	56	93	40	4 475			-00	185	0,4575	0,7925	1,25	31
S4 OU S5		60 25	30 46	1 460	_	59 88	100	25	1 466	4,2	52	83	19	1 475	5,5	44	63					-
USAGE LEVAGE	250 M		40	1 461	2,8	79	129	35	1 467	3,7	70	110						195	0,675	0,975	1,65	40
MANUTENTION	250 W	60	37	1 465	3,5	73	116	31	1 471	4,2	64	97	24	1 477	5,4	53	75	130	0,073	0,373	1,00	40
	-	25	56	1 455	2,8	107	145	01	1 7//	7,2	04	- 57	-	1 477	0,1	- 00	,,,					$\vdash$
	250 M	40	50	1 460		98	129	42	1 466	3,7	86	108						235	0,75	1,15	1.9	43
		60	45	1 464	3,5	90	116	38	1 470	4,1	80	97	29	1 477	5,4	68	74			.,		
		25	75	1 456	3,3	46	191															
	280 S	40	65	1 462	3,8	128	165	59	1 466	4,2	118	149						235	1,4	1,1	2,5	66
		60	60	1 465	4,1	120	152	54	1 469	4,5	110	136	39	1 477	6,3	87	98					
		25	94	1 469	2,9	174	214															
	280 M		85	1 472		161	193	74	1 475		146	168						275	1,675	1,45	3,125	81
		60	75	1 475	-	147	170	68	1 477	4,1	138	154	51	1 483	5,4	117	115			-		
	045.0	25	112	1 462	4	216	250	00	4.74	- 0	474	404						075	0.075	4 475	0.75	00
	315 S	40 60	100	1 467	4,5	195	223		1 471	5,2	171	191	E0.	1 400	7.0	120	120	275	2,275	1,475	3,75	86
	$\vdash$	25	90	1 470	5	178 250	200 244	78	1 474	5,8	159	173	59	1 480	7,0	130	130	-	-			
	315 M		122	1 478		225	215	103	1 481	5,3	195	182						345	28	1,7	4.5	1 12
	0.0 1/1	60	110	1 480		206	195	94	1 483		181	166	70	1 487	7.8	146	123	040	2,0	111	-7,0	1 12
		25	166	1 475	4	298	252	-	. 400	5,5	101	100	. 0	. 407	,,0	140	123					$\vdash$
	315 L	40	143	1 475		260	217	124	1 481	5.3	231	188						395	3,2	2,25	5,45	1 24
		60	132	1 485		243	200	115	1 483		217	174	87	1 487	7,6	178	131			-	-	
					_													_				

Il arrive qu'on ne puisse alimenter qu'en monophasé des moteurs triphasés (domestiques). L'emploi d'un condensateur approprié permet de résoudre le problème à des conditions de prix satisfaisantes.

Condensateur pour une marche permanente :

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-9}}$$

C: en µF Q: en kVAR U: en V f: en Hz

avec Q = 1,4 kVAR par kW (2,2 kW maxi).

Dans ces conditions il faut diminuer le couple à 0,8  $M_{\rm n}$  environ.

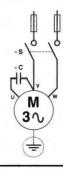
# Exemple:

Moteur 1,5 kW sous 230 V. 50 Hz.

$$C = \frac{1.4 \times 1.5}{230^2 \times 4 \times \pi \times 50 \times 10^{-9}} = 64 \ \mu \text{F}.$$

 $C = 64 \mu F$  . 250 V.

Branchement du condensateur



11.1.12.7.

MOTEURS

TRIPHASÉS

ALIMENTÉS EN

MONOPHASÉ

# 11.1.13. EXEMPLE DE CHOIX D'UN MOTEUR ET DE SON MODE DE DÉMARRAGE

11.1.13.1. CAHIER DES CHARGES MACHINE ENTRAÎNÉE: Pompe centrifuge fonctionnant à axe horizontal. Montage sur glissière.

Démarrage vanne fermée. Entraînement direct. Débit : 110 l/s. Hauteur manométrique totale : 4 m. MD<sup>2</sup> sur l'arbre à 1 500 min<sup>-1</sup> : 4,31 kg.m<sup>2</sup>.

Fonctionnement prévisionnel : 4 500 h/an. 40 000 cycles en service S4.

RÉSEAU ÉLECTRIQUE: Installation raccordée au réseau EDF par l'intermédiaire d'un poste d'abonné.

Câble prévu : U 1 000 R 2V 4  $\times$  4 mm<sup>2</sup>. Cuivre. L = 100 m. 230/400 V. 50 Hz. Variations de tension négligeables.

Pointes acceptables : 100 A. Protection par disjoncteur  $I_r = 40$  A. (10 s).

**AMBIANCE**: La température ambiante peut atteindre 50 °C ( $\Delta t = 80$  °C).

L'altitude est inférieure à 1 000 m.

	DÉMARCHE	RENVOIS	SOLUTIONS – RÉSULTATS
	MOMENT D'INERTIE : J à 1 500 min <sup>-1</sup>		$J = MD^2/4 = 1,0775 \text{ kg.m}^2$
	PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT : Pe	§ 11.1.2.2.	$P_{\rm e} = \frac{g \cdot q \cdot h}{1\ 000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \times 100 \times 4}{1\ 000 \times 0,6} = 7,2 \text{ kW}$
	COUPLE RÉSISTANT : M <sub>r</sub> /M' <sub>n</sub>	§ 11.1.2.3.	$M_r/M'_n = 0.2$ $M_r$ du type $kn^2$ .
	TYPE DE SERVICE : S	§ 11.1.2.4.	Intermittent à démarrages : S4
	FACTEUR DE MARCHE : k <sub>m</sub> Bilan annuel ramené à une valeur moyenne horaire.	§ 11.1.2.5.	Fonctionnement journalier : 4 500/250 = 18 h/jour 40 000/250 = 160 cycles/jour $k_{\rm m} = 18/24 = 0.75 = 75 \%$
	FRÉQUENCE DE ROTATION : n	§ 11.1.2.6.	$n_{\rm s} = 1500{\rm min}^{-1}.$ $p_{\rm m} = 4$
	FORME DE FIXATION	§ 11.1.2.7.	Forme : B3
	AMBIANCE: FACTEUR DE CORRECTION $k_{\rm t}$ FACTEUR DE CORRECTION $k_{\rm a}$		$t_{\rm a}$ maxi = 50 °C. $k_{\rm t}$ = 0,9 $a_{\rm t}$ < 1 000 m. $k_{\rm a}$ = 1
	CORRECTION DE LA PUISSANCE : P <sub>e</sub>	§ 11.1.5.2.	$P_{\rm m} = P_{\rm e} \frac{k_{\rm n}}{k_{\rm t} \cdot k_{\rm a}} = 7.2 \frac{1}{0.9 \times 1} = 8 \text{ kW}.$
11.1.13.2. RÉSOLUTION	CLASSE DES ISOLANTS: $t_{\rm a} = 50~^{\circ}{\rm C}.~\Delta t = 80~^{\circ}{\rm C}~~\rightarrow t = 130~^{\circ}{\rm C} > t_{\rm max}$ en classe B $\rightarrow$ puissance à corriger $t_{\rm a} = 50~^{\circ}{\rm C}.~\Delta t = 80~^{\circ}{\rm C}~~\rightarrow t = 130~^{\circ}{\rm C} < t_{\rm max}$	§ 11.1.3.2.	Isolant classe B avec $P_{\rm M}=8$ kW. Isolant classe F avec $P_{\rm M}=7.2$ kW. $(\Delta t=100~{\rm ^{\circ}C}~~t_{\rm max}=140~{\rm ^{\circ}C})$ Durée de vie en classe B :
DU PROBLÈME	en classe F → sans correction	g. c	8 kW → $10^{5}/4500 = 22$ ans 7,2 kW → 5 . $10^{4}/4500 = 11$ ans Durée de vie en classe F : 7,2 kW → $10^{5}/4500 = 22$ ans
	NIVEAU SONORE: n <sub>s</sub> = 1 500 min <sup>-1</sup>	§ 11.1.3.3.	La courbe @ donne 70 dB environ
	TENSION DE FONCTIONNEMENT : $\it U$	§ 11.1.4.1. § 11.1.4.2.	U = 400 V. Variations de tension négligeables
	CHUTE DE TENSION EN LIGNE : U	§ 11.1.4.3.	Type de raccordement B sous 400 V. $u = 32 \text{ V}.$
	POINTE DE COURANT : /p	§ 11.1.4.4.	$I_d \le I_p$ $I_d \le 100 \text{ A}.$
	PUISSANCE NORMALISÉE EN SERVICE S1	§ 11.1.11.4.	7,5 kW en classe F 9 kW en classe B
	INDICE DE PROTECTION : IP	CHAP. 5	Local de pompes IP 23, IK 07
	TYPE DE DÉMARRAGE :		
	<ul> <li>Puissance du moteur : P<sub>n</sub></li> <li>Courant (démarrage direct)</li> </ul>	§ 11.1.12.4.	9 kW $J$ = 0,038525 kg.m <sup>2</sup> à 1 445 min <sup>-1</sup> . $I_d/I_n$ = 8,2 $\Rightarrow I_n$ sous 400 V = 18,6 A.
	- Choix d'un démarrage - Courant (démarrage YD)	§ 11.1.7.1. § 11.1.7.2.	$I_d = 8.2 \times 18.6 = 152 \text{ A} > 100 \text{ A}.$ ( $I_p$ ) Démarrage étoile-triangle (YD) $I'_d/I_n = 8.2/3 = 2.75$ $I'_d = 2.75 \times 18.6 = 51 \text{ A}.$
	- Couple (démarrage direct)	§ 11.1.11.4.	$M_{\rm d}/M_{\rm r} = 2.6$
	- Couple (démarrage YD)		$M'_{\rm d}/M_{\rm n} = 2,6/3 = 0,87$

	DÉMARCHE	RENVOIS	SOLUTIONS – RÉSULTATS
	CALCUL DU TEMPS DE DÉMARRAGE : l     Calcul des couples :	§ 11.1.6.5. § 11.1.5.4.	Couple moteur nominal : $M_n = 59$ Nm. Couple résistant $M'_n = 44$ Nm. Couple moteur au démarrage :
	- Détermination du couple accélérateur : Ma	§ 11.1.6.4.	$M'_{d} = 59 \times 0.87 = 51 \text{ Nm}.$ $M'_{d}/M'_{n} = 51/44 = 1.16$ La courbe ③ donne $M_{e}/M_{n} = 0.55$
	- Contrôle du démarrage	§ 11.1.2.3.	$M_{\rm a} = 0.55 \times 0.75^{*} \times 59 = 24.3 \text{ Nm.}$ $M_{\rm r}$ au démarrage : 0,2 × 44 = 9 Nm. $M'_{\rm d} > M_{\rm r}$ $M_{\rm a} > 0.3$ . Démarrage assuré
	- Couplage en triangle à $n_c = 0.85 n_s$	§ 11.1.8.7.	$n_{\rm c} = 1500 \times 0.85 = 1275{\rm min^{-1}}.$ (*) $M_{\rm c} = 0.75M_{\rm n}$
	<ul> <li>J total à 1 275 min<sup>-1</sup></li> <li>Temps de démarrage.</li> </ul>	§ 11.1.2.1. § 11.1.6.5.	J = 1,0775 + 0,03825 = 1,116 kg.m <sup>2</sup> . L'abaque donne $t_d$ = 6,2 s < $t$ de déclenchement du disjoncteur
	• FONCTIONNEMENT EN SERVICE INTERMITTENT  - Puissance efficace en régime intermittent  - Classe de démarrage : N <sub>d</sub>	§ 11.1.11.2.	$P_{\rm e}$ = 8 kW (classe B) $N_{\rm d}$ = $n_{\rm d}$ = 160/24 $\simeq$ 6,7 démarrages/h
	- Facteur de démarrage : k <sub>d</sub>	§ 11.1.11.3.	$k_{\rm d} = \frac{N_{\rm d} \cdot t_{\rm d}}{36} = \frac{6,7 \times 6,2}{36} = 1,154$
ne.	- Surclassement	§ 11.1.11.5.	$k_{\rm d} = 1,154  9 \text{ kW} \rightarrow H = 132$ $k_{\rm m} = 75 \%$ $P_{\rm e}/P_{\rm m} = 0,8  P_{\rm m} = 8/0,8 = 10 \text{ kW}.$ Le moteur de 9 kW ne convient pas
	- Contrôle avec un moteur de 11 kW		$I_{\rm n} = 22~{\rm A}~M_{\rm d}/M_{\rm n} = 2,1~I_{\rm d}/I_{\rm n} = 5$ Hauteur d'axe : 160 $I'_{\rm d} = 22 \times 5/3 = 37~{\rm A}.$
RÉSOLUTION DU PROBLÈME		§ 11.1.6.4.	$M_n = 73 \text{ Nm}$ $M'_d = 73 \times 2,1/3 = 51 \text{ Nm}.$ $M'_d/M'_n = 51/44 = 1,16$ $\rightarrow M_a/M_n = 0,55$ $M_a = 0,55 \times 0,75 \times 73 = 30,1 \text{ Nm}.$
		§ 11.1.6.5.	$J = 1,0775 + 0,05375 = 1,131 \text{ kg.m}^2.$ $t_d = 4,9 \text{ s}$ $k_d = \frac{6,7 \times 4,9}{36} = 0,912 \qquad k_m = 75 \%$ $H = 160$
			$P_{\rm e}/P_{\rm m} = 0.8$ $P_{\rm m} = 8/0.8 = 10$ kW.
	• CHOIX DU MOTEUR :	§ 11.1.12.4. § 11.1.12.2.	Le moteur LS 160M de 11 kW convient Moteur fermé standard Aluminium IP 55.B3
	VOLUME DU LOCAL :	§ 11.1.3.4.	$P_n = 11 \text{ kW}$ $\eta = 87 \%$ $Q = 0.2 P_n \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = 0.2 \times 11 \left(\frac{1}{0.87} - 1\right)$ = 0.33 m <sup>3</sup> /h
	• CONTRÔLE DE LA CHUTE DE TENSION EN LIGNE :	§ 11.1.4.3.	Sous 400 V. $u \le 32$ V. $I'_d = 37$ A. $I_n = 22$ A. $L = 100$ m. I. L au démarrage: $37 \times 0.1 = 3.7$ A km I. L nominal: $22 \times 0.1 = 2.2$ A km.
	Câble 4 × 4 mm² Cuivre	Fig. 7 Fig. 6	u au démarrage → 10 V (cos $φ$ = 0,35) u au régime nominal → 18 V. (cos $φ$ = 0,35) Le câble U 1 000 R2V 4 × 4 mm² convient
3513	• MOTEUR RETENU : Moteur fermé standard, carcasse en aluminium r 11 kW, 400/690 V. 50 Hz. 22 A sous 400 V. 1 440 min <sup>-1</sup> . $\cos \varphi = 0.87$ . $J = 0.05375$ kg.r	$I_{\rm d}/I_{\rm n}=5.$	
	$n_{\rm c}$ = 1 275 min <sup>-1</sup> (environ)	9 Nm. Cou	uplage <i>D</i> à <i>t</i> = 4,9 s.
	• CÂBLE RETENU: U 1 000 R2V 4 × 4 mm <sup>2</sup> .		

#### 11.2. LES MOTEURS À COURANT CONTINU (D'après LEROY-SOMER) DÉMARCHE ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE GUIDE § - Moment d'inertie : J. (Utile pour le calcul du temps de frei-11.1.2.1. nage, cas des variateurs chapitre 13) 11.1.2.2. - Puissance d'entraînement : Pa 11.1.2.3. - Couple résistant suivant le type de machines : M. MACHINE 11.1.2.4. - Type de service : S ENTRAÎNÉE 11.1.2.5. - Facteur de marche : km 11.1.2.7. - Forme de fixation : B ou V 11.2.3. - Fréquence de rotation et gamme de vitesse - Température de fonctionnement 11.2.4. 11.2.1. ENVIRONNEMENT 11.2.4. - Altitude de fonctionnement DÉMARCHE DE Volume du local de fonctionnement 11.1.3.4. DÉTERMINATION D'UN MOTFUR - Alimentation de l'induit 11.2.5. Fig. 19 CARACTÉRISTIQUES À COURANT - Alimentation des inducteurs. Précautions 11.2.5. Fig. 20 ÉLECTRIQUES CONTINU - Facteur de forme : F 11.2.5. Fig. 21 - Correction suivant la fréquence de rotation 11.2.6. Fig. 22 • CONDITIONS 11.2.6. Fig. 23 - Correction suivant le type de service **D'UTILISATION** - Cas du fonctionnement à puissance constante 11.1.5.1. - Guide de choix d'un moteur à courant continu 11.2.8. · CHOIX DU - Caractéristiques des moteurs à courant continu 11.2.9. MOTEUR - Sélection des moteurs à courant continu 11.2.10. 11.2.11. Choix de la motoventilation. Exemple 11.2.13. Suivant les conditions d'utilisa-VARIATEURS tion, le moteur à courant continu peut recevoir différentes adaptations: - Alimentation : Variateur électronique monophasé ou triphasé. Triphasé Trinhasé Monophase Monophasé - Côté bout d'arbre : unidirectionnel réversible unidirectionnel réversible REDUCTEURS Réducteur. Côté opposé au bout d'arbre : D. Tachy Dynamo tachymétrique. arbre cre Ventilation forcée. Frein. à trains droits 11.2.2. **POSSIBILITÉS** D'ADAPTATION forcée **DES MOTEURS** axiale dynamo tachy À COURANT CONTINU frein

frein + dynamo tachymétrique

#### • CRITÈRES : J, Pe, Mr, S, km, B et V. Ces critères sont définis § 11.1.2. (Moteurs asynchrones) • FRÉQUENCE DE ROTATION ET GAMME DE VITESSES : 11.2.3. Les moteurs à courant continu fonctionnent généralement dans une gamme de vitesse étendue. MACHINE - La fréquence de rotation et la puissance du moteur sont proportionnelles à la tension d'induit, de ce **ENTRAÎNÉE** fait le couple disponible sur l'arbre reste constant dans toute la plage de variation de vitesse. - Préciser les limites inférieure et supérieure de la fréquence de rotation. - Définir le type de couple résistant dans cette gamme de vitesse (§ 11.1.2.3.). • ALTITUDE ET TEMPÉRATURE AMBIANTE (Moteur) - Si la température ambiante t<sub>a</sub> > 40 °C et/ou si l'altitude est supérieure à 1 000 m, la puissance du moteur subit un déclassement suivant la courbe Fig. 18. 80 Application: Moteur 100 kW : $t_a = 50$ °C. 60 11.2.4. Altitude: 3 000 m. **ENVIRONNEMENT** Déclassement pour t<sub>a</sub> > 40 °C → 85 % 40 Déclassement pour altitude > 1 000 m → 85 % Puissance disponible : 20 $P: 100 \times 0.85 \times 0.85 = 72 \text{ kW}.$ D 80 60 20 Fig. 18 - Correction k, et k, de la puissance d'un 1000 5000 9000 altitude moteur en fonction de l'altitude et de t°. (m) ALIMENTATION ÉLECTRIQUE : Elle est fournie le plus souvent par un variateur électronique (voir chapitre 12). Alimentation 50Hz Mode redressement Tension redressée U induit recommandé Pont mixte 170 V 160 V Monophasée 230 V 185 V 150 V Pont complet Fig. 19 Pont mixte 290 V 280 V 400 V Types d'alimentation Monophasée Pont complet 305 V 260 V pour les induits Pont mixte 240 V 250 V Triphasée 230 V Pont complet 260 V 230 V Pont mixte 420 V 440 V Triphasée 400 V Pont complet 440 V 400 V 99 V 100 V Simple alternance Monophasée 230 V Double alternance 195 V 190 V Types d'ailmentation Simple alternance 170 V 170 V pour les inducteurs Monophasée 400 V Double alternance 340 V 330 V 11.2.5. • FACTEUR DE FORME DU COURANT F : Facteur de forme **PARAMÈTRES** - Suivant la forme du courant alimentant le moteur ÉLECTRIQUES à courant continu, il faut procéder à un déclassement de sa puissance. leff F: facteur de forme de courant. Monophasé 1.6 Id: valeur moyenne du courant qui produit le couple $M = K \cdot I_d$ leff: valeur efficace du courant qui produit l'échauffement. - Application : Moteur de 10 kW alimenté par une tension Monophasé 1,2 redressée monophasée avec self de lissage. + self La courbe Fig. 21 donne F = 1.2 et un coefficient de 0,8 Triphasé Puissance disponible : 0.6 $P = 10 \times 0.8 = 8 \text{ kW}.$ Coefficient

Fig. 21 - Correction k<sub>F</sub> de la puissance suivant le facteur de forme F.

### • FRÉQUENCE DE ROTATION :

- Lorsque le moteur est motoventilé, sa puissance n'est pas déclassée en fonction de la fréquence de rotation.
- Lorsque le moteur est autoventilé, sa puissance n'est pas déclassée pour une plage de variation de n<sub>n</sub> à n<sub>n</sub>/3.

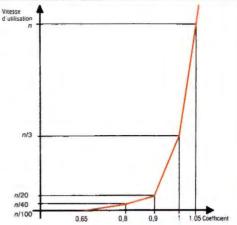
Pour des fréquences de rotation de  $n_{\rm n}/3$  à  $n_{\rm n}/100$ , la puissance est corrigée suivant la courbe *Fig. 22*.

# - Application:

Moteur 100 kW à 2000 min<sup>-1</sup> (autoventilé) Plage de variation de vitesse de 2 000 à 100 min<sup>-1</sup> : (n/20)

Puissance disponible: 100 x 0,9 = 90 kW.

Fig. 22 – Correction k<sub>n</sub> de la puissance d'un moteur autoventilé suivant la fréquence de rotation.



# 11.2.6. CONDITIONS D'UTILISATION

# • TYPE DE SERVICE :

Si le moteur ne fonctionne pas en service S1, sa puissance subit une correction suivant le tableau Fia. 23.

# - Application :

Moteur 10 kW

6 démarrages/heure

4 min/cycle.

Service: S3.

Facteur de marche :

$$\frac{6 \times 4}{60} = 0.4 = 40 \%$$

Enroulement de commutation —
 Inducteurs (excitation séparée)

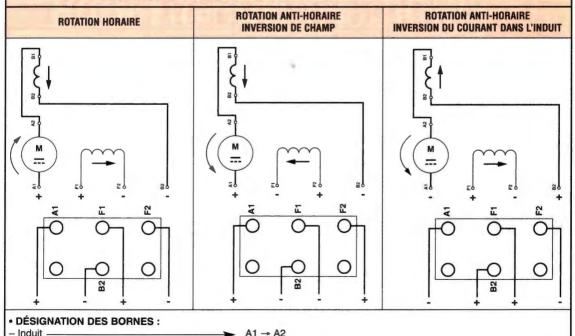
Puissance disponible :

 $P = 10 \times 1,5 = 11,5 \text{ kW}.$ 

ac rotation.				
Service temporaire		S	2	
Durée du cycle -	10 min	30 min	60 min	90 min
Coefficient —	1,6	1,3	1,1	1
Service intermittent périodique		S	3	
Facteur de marche (moins de 10 dém/h)	15 %	25 %	40 %	60 %
Coefficient	1,6	1,4	1,2	1,1
Service ininterrompu périodique		S	6	
à charge intermittente Facteur de marche (moins de 10 dém/h)	15 %	25 %	40 %	60 %
Coefficient -	1,6	1,4	1,3	1,2

Fig. 23 – Correction  $k_n$  de la puissance en fonction du service.

# 11.2.7. REPÉRAGE DES CIRCUITS INTERNES D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU



B1 → B2

F1 → F2

APTITUDES	FORME	TYPE				
MATÉRIELS			INDICE DE PR	OTECTION/MODE DE FIX PUISSANCES/TENSION	U. 1 F A T T T T T T T T T T T T T T T T T T	EXEMPLES D'APPLICATION
MOTEUR À COURANT CONTINU À AIMANT PERMANENT		FERMÉ MFA	IP 55 B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B14-V18-V19	H = 56 0,12 kW 3 000 min <sup>-1</sup> H = 63 0,37 kW 3 000 min <sup>-1</sup> H = 80 1 kW 2 000 min <sup>-1</sup> 310 V Aimants permanents	Matériaux de classe F     Fonctionnement à couple constant     Carcasse acier     Non ventilé pour les types 56 et 63     Ventilation intégrée pour le type 80     Montage possible avec frein électromagnétique     Montage possible de détecteur tachymétrique 30V/1 000 min <sup>-1</sup> (alternateur : courant continu redressé)	Rapidité d'arrêt     Charge nécessitant de grandes plages de variation de vitesse.     Démarrages et ralentissements contrôlés.     Positionnement précis en boucle d'asservissement.     Variation de vitesse par convertisseur électronique.
		FERMÉ MFB	IP 44/IP 55 B3-B6-B7	420 kW, H = 225 440 V avec F ≤ 1,04 3 200 min <sup>-1</sup> Excitation : 1 100 W	Matériaux de classe F     Carcasse et paliers fonte (MFB), acier (MF)     Pôles auxiliaires de commutation     Enroulements de compensation	Motorisation à vitesse variable par convertisseur électronique     Bandes transporteuses, trémies, chariots transporteurs, transferts
MOTEUR À COURANT CONTINU À INDUCTEUR BOBINÉ	V so	FERMÉ MF	B8-V5-V6 B5-V1-V3 B14-V18-V19	H = 100. 1,5 kW H = 112. 2,2 kW 2 400 min <sup>-1</sup> 310 V I <sub>max</sub> /I <sub>n</sub> = 1,6	<ul> <li>Autoventilé en version standard jusqu'à n/3</li> <li>Excitation séparée 190 V</li> <li>Utilisé en ambiance dure, chargée, abrasive</li> <li>Fonctionnement à t°<sub>a</sub> ≤ 40 °C</li> <li>et altitude ≤ 1 000 m</li> </ul>	Machines d'impression, à trier      Bancs d'essai, ventilation      Tours à polir, brosseuses
AUTOVENTILÉ		OUVERT MS	IP 23/IP 44 B3-B5	6,4 kW. H = 132 420 V 3 700 min <sup>-1</sup> Excitation : 190 W	- Isolation classe H - Carcasse acier. Flasques, paliers fonte - Excitation 190 V - Fonctionnement à t°a ≤ 40 °C - Altitude ≤ 1 000 m	Conçu et dimensionné pour être ali- menté par un convertisseur statique (même monophasé redressé double alternance)     Fonctionnement basse vitesse en S1
MOTEUR À COURANT CONTINU À INDUCTEUR BOBINÉ MOTOVENTILÉ		OUVERT LSK	IP 23/IP 55 B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B35	340 kW H = 225 500 V. $F \le 1,04$ 3 000 min <sup>-1</sup> 1 400 Nm Excitation : 4 kW 1,6 $M_n$ pendant 20 s toutes les 5 min.	Motoventilation jusqu'à 3 kW (Moteur asynchrone triphasé à cage bitension)     Carcasse acier     Classe d'échauffement F     Altitude < 1 000 m     Température ambiante ≤ 40 °C     Excitation séparée 170/340 V ou 190 V     Pôles de commutation     Détection thermique par CTP 120 °C	Métallurgie     Chimie     Caoutchouc     Papeterie     Cimenterie     Transport. Télésièges. Téléskis     Manutention, levage     Emballage, conditionnement     Machines-outils     Centrales électriques

11.2.8. GUIDE DE CHOIX DES MOTEURS À COURANT CONTINU

# 11.2.9. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE LSK

(D'après LEROY-SOMER)

# Les caractéristiques électriques sont données pour :

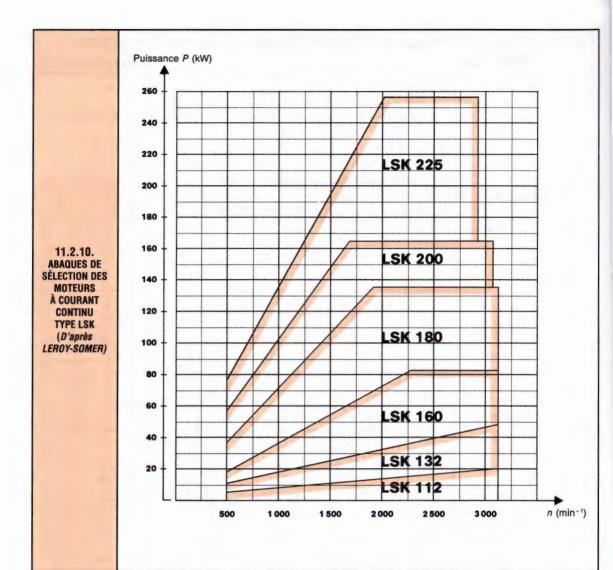
- · Alimentation triphasée pont complet
- Degré de protection IP 23
- Mode de refroidissement IC 06
- Service permanent S1
- Forme B3
- Température ambiante ≤ 40 °C

# Notes:

- Le facteur de forme doit être au plus égal à 1,04.
- Les différents modes de refroidissement sont donnés § 11.2.11.

- Si les conditions de fonctionnement ne sont pas respectées procéder à la correction de Pe comme suit et choisir  $P \ge P_m$ .

			P	VITES	SSE DE I	POTATIO	N n POL	JR TENS	ION U	n n	naxi	M	1	η	L	R <sub>115</sub> °	Uma
LSK	11	2 S	kW			mi	in <sup>-1</sup>			mi	in <sup>-1</sup>	N.m	A	%	mH	Ω	٧
				260 V	310 V	400 V	440 V	460 V	500 V	ELEC.	MÉCA			avec excitat.			
Masse totale	m	= 80 kg	2,5	700						1 100	4 000	35	15	58	40	5,16	500
Moment d'inertie			3,2	700	900					1 100	4 000	35	15	63	40	5,16	500
MOUTEUR O MERTIC	Ja	= 0,037 kg.III-	4,5	-	300	1 240				1 800	4 000	35	15	69	40	5,16	500
			5,1			1210	1 400	-		1 800	4 000	35	15	71	40	5,16	500
			5,3				1 400	1 470		1 800	4 000	35	15	72	40	5,16	500
Niveau de bruit	,	= 72 dBA	5,9			-			1 620	1 800	4 000	35	15	74	40	5,16	500
MACAU GC DIGIL	<b>-</b> p	- 12 UDA	3	850			1		. 020	1 300	4 000	35	17,5	61	30	3,94	500
			4	-	1 080				_	1 300	4 000	35	17,5	66	30	3,94	500
			5,4			1 480				2 100	4 000	35	17,5	72	30	3,94	500
Excitation	P	= 0,5 kW	6				1 660			2 100	4 000	35	17,5	74	30	3,94	500
		- 0,0	6,4					1 750		2 100	4 000	35	17,5	75	30	3,94	500
	CE	= 6 308 2RS	7						1 930	2 100	4 000	35	17,5	76	30	3,94	500
Roulements			4	1 090						1 500	4 000	35	21	60	21	2,68	500
	COE	= 6 308 2RS	5		1 360			-		1 500	4 000	35	21	71	21	2,68	500
			6			1 850				2 500	4 000	35	21	76	21	2,68	500
			7,5				2 060			2 500	4 000	35	21	77	21	2,68	500
	Р	= 0,25 kW	8					2 170		2 500	4 000	35	21	78	21	2,68	500
IC 06		- 0,20 KW	8,7						2 400	2 500	4 000	35	21	79	21	2,68	500
.0 30	п	= 2 900 min <sup>-1</sup>	5,1	1 420						2 000	4 000	34,5	26	70	13	1,83	500
Ventilation			6,3		1 760					2 000	4 000	34,5	26	74	13	1,83	500
forcée			8,5			2 370				3 100	4 000	34,5	26	78	13	1,83	500
			9,5				2 640			3 100	4 000	34,5	26	80	13	1,83	500
			10					2 780		3 100	4 000	34,5	26	80	13	1,83	500
	$q_{V}$	$= 400 \text{ m}^3/\text{h}$	11						3 050	3 100	4 000	34,5	26	81	13	1,83	500
IC 16/26			7,5	2 000						2 600	4 000	34,5	35	76	7,5	1,83	500
IC 17/37			9		2 460					2 600	4 000	34,5	35	79	7,5	1,83	500
	p	= 600 Pa	12			3 270				4 000	4 000	34,5	35	82	7,5	1,83	500
			13,2				3 630	0.000		4 000	4 000	34,5	35	83	7,5	1,83	500
			14		7			3 800		4 000	4 000	34,5	35	84	7,5	1,83	500
			11,5	750						1 700	4 000	147	58	72,5	11	0,79	550
LSK	111	2 C	18,5		1 200					1 700	4 000	147	58	79	11	0,79	550
LOIL		2 3	19,3			1 250	-			1 700	4 000	147	58	80	11	0,79	550
			21,5				1 400			1 900	4 000	147	58	81	11	0,79	550
Masse totale	m	= 192 kg	22,3	-				1 450		1 900	4 000	147	58	81,5	11	0,79	550
Moment d'inertie		= 0,17 kg.m <sup>2</sup>	26,6						1 600	1 900	4 000	147	58	82,5	11	0,79	550
			15,3	1 000						2 400	4 000	146	73	77	7	0,48	460
Niveau de bruit	1.	= 74 dBA	24		1 570					2 400	4 000	146	73	82	7	0,48	460
oud ad bluit	-h	· · · · ·	25			1 630				2 400	4 000	146	73	83	7	0,48	460
			28				1 830			2 400	4 000	146	73	85	7	0,48	460
Excitation	P	= 0,82 kW	29					1 900		2 400	4 000	146	73	84,3	7	0,48	460
		10.000	-00	4.070						0.000	4.000	400	00	00		0.00	
	CE	= 6 310 2RS	20	1 370	0.400					2 800	4 000	139	93	80	4,4	0,32	550
Roulements	COL	6 210 2DC	31		2 130	0.000				2 800	4 000	139	93	85	4,4	0,32	550
	UUE	= 6 310 2RS	32,5			2 230	0.470			2 800	4 000	139	93	85,4	4,4	0,32	550
	P	= 0,4 kW	36				2 470	0.000		2 800	4 000	139	93	87	4,4	0,32	550
IC 06	•	3,1 111	38 41					2 600	0.000	2 800	4 000	139	93	87	4,4	0,32	550
10 00				1 700					2 800		4 000	139	93	86,6	4,4	0,32	550
	п	= 2 900 min <sup>-1</sup>	23,7	1 700	0.500					2 600	4 000	133	105	84,2	2,8	0,2	550
/entilation			36		2 560	2 700				3 000	4 000	133	105	87	2,8	0,2	550
orcée			37,6	-		2 700	2 000			3 000	4 000	133	105	87,8	2,8	0,2	550
	a	= 700 m <sup>3</sup> /h	41,5				2 980	2 110		3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550
IC 16/26	$q_{\rm V}$	= 700 1117/11	43,3					3 110	2 400	3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550
IC 17/37	P	750 0	47,4	- 1		- 4-4-			3 400	3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550
		= 750 Pa	FU ULS	s la puis	92062	a treatu							QUIP 9 CO	HEADT CO.	COTTON I		



	MODES DE REFROIDISSEMENT IC	PROTECTION OBTENU	ENTRÉE DU FLUIDE DE REFROIDISSEMENT	SORTIE DU FLUIDE DE REFROIDISSEMENT	VENTILATION FORCÉE VF
	IC 06	IP 23	Entrée libre	Sortie libre	VF fournie et mon- tée d'origine
11.2.11.	IC 16	IP 23	Entrée canalisée	Sortie libre	VF fournie et mon- tée d'origine
CHOIX DE LA MOTOVENTILATION POUR MOTEURS	IC 26	IP 23	Entrée libre	Sortie canalisée	VF fournie et mon- tée d'origine
À COURANT CONTINU TYPE LSK	IC 17	IP 23	Entrée canalisée	Sortie libre	VF non fournie à l'origine
THE LOR	IC 27	IP 23	Entrée libre	Sortie canalisée	VF non fournie à l'origine
	IC 37	IP 55	Entrée canalisée	Sortie canalisée	VF non fournie à l'origine
	IC 0666	IP 55	-	-	Échangeur air-air monté sur le moteur

#### PROTECTION DES INDUCTEURS CONTRE LES SURTENSIONS :

Dans le cas de coupure rapide d'excitation une résistance  $R_0$  est à placer aux bornes de l'excitation.

$$R_{\rm p} = \frac{u_{\rm e} \, \text{excitation}}{p_{\rm e} \, \text{excitation}} + 800$$

 $R_{\rm P}$  en  $\Omega$ .  $u_{\rm e}$  en V.  $p_{\rm e}$  en W.

# PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES:

Utilisation de relais de surintensité thermique (Voir chapitre 20).

### PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS :

Utilisation de relais de surintensité magnétique à action instantanée (Voir chapitre 20).

### PROTECTION CONTRE LES MANQUES DE COURANT D'EXCITATION :

11.2.12.
CONDITIONS
PARTICULIÈRES
PROTECTIONS

11.2.13.

**EXEMPLE** 

**DE CHOIX** 

Utilisation de relais à minimum de courant.

Les variateurs électroniques (Voir chapitre 12) constituent des solutions de protection suffisantes contre les manques d'excitation grâce à leur boucle de détection « courant-vitesse ».

# SELFS ADDITIONNELLES (La):

La qualité du courant d'alimentation exprimée par le facteur de forme F (Voir § 11.2.5., Fig. 21) influe sur les performances du moteur.

Si le facteur de forme n'est pas ramené à une valeur inférieure à 1,04 il faut procéder à une correction de puissance. Cette correction peut être évitée par l'utilisation d'une self additionnelle déterminée de la façon suivante :

RÉSEAU	EXPRESSION D	E LA SELF ADDITIONNELLE	REDRESSEMENT							
(V)			MONO	MONO	TRI MIXTE	TRI COM- PLET				
230	, к ,	$L_a$ = self additionnelle en mH L = self d'induit en mH	1 200	800	400	200				
400	$L_{\rm a} = \frac{M}{I} - L$	I = courant d'induit en A  K = coefficient ci-contre	2 100	1 400	700	350				

### **CAHIER DES CHARGES:**

La charge entraînée nécessite une puissance d'entraînement Pe de 5 kW à 1 550 min-1.

Motoventilation obligatoire. Plage de variation de vitesse de 155 à 1 550 min<sup>-1</sup>.

Service S1. Moteur alimenté par un variateur triphasé 400 V. 50 Hz. mixte (440 V en sortie).

Température ambiante ≤ 45 °C. Altitude : 2 000 m (Téléskis).

# **SOLUTION DU PROBLÈME:**

Correction de la puissance d'entraînement

- Température ambiante ≤ 45 °C.
- La Fig. 18, § 11.2.4. donne  $k_1 = 0.95$ .
- Altitude de fonctionnement : 2 000 m.
   La Fig. 18, §. 11.2.4. donne k<sub>8</sub> = 0,95.
- Forme du courant ; variateur triphasé
   La Fig. 21, § 11.2.5. donne k<sub>F</sub> = 1.
- Fréquence de rotation : Motoventilation
- Le § 11.2.6. donne  $k_n = 1$ .

   Type de service S1
- Type de service S1 Le § 11.2.6. donne  $k_s = 1$

Puissance minimale du moteur :

$$P_{\rm m} = \frac{5}{0.95 \times 0.95 \times 1 \times 1} = 5.54 \text{ kW}.$$

Choix du moteur § 11.2.8.

- Type LSK à inducteur bobiné IP 23.
- Le tableau § 11.2.9. Indique un moteur de 6 kW à 1 660 min<sup>-1</sup> pour U = 440 V.

$$U_{\text{induit}} = 440 \times \frac{1550}{1660} = 411 \text{ V}.$$

Puissance disponible 
$$P = 6 \times \frac{1550}{1660} = 5,6 \text{ kW (supérieure à 5,54 kW)}$$

Les conditions de puissance et de vitesse sont obtenues par le moteur LSK 1125 de 6 kW.

# 11.3. MOTEURS SYNCHRONES À AIMANTS OU MOTEURS SANS BALAIS (BRUSHLESS)

(D'après ALSTOM-PARVEX)

Le présent paragraphe n'étudie que les moteurs synchrones à aimants permanents qui sont de plus en plus utilisés sur les machines-outils et sur les machines de production. Ils fournissent les performances les plus élevées et peuvent fonctionner dans des conditions d'environnement industriel difficiles.

#### **DÉFINITIONS:**

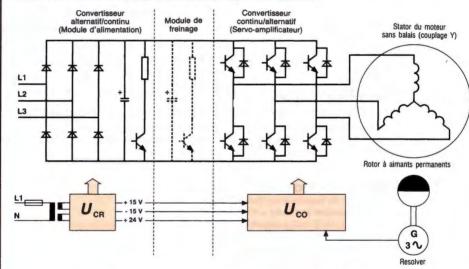
Un entraînement avec moteur sans balais comprend : (Fig. 24)

 un moteur à aimants permanents (appelé servomoteur à aimants, moteur autosynchrone, moteur sans balais ou moteur brushless)

Les aimants sont à terre-rare (Sm CO 5)

- un capteur de commande d'axe :
- soit du type capteur de position de rotor et mesure de vitesse par alternateur tachymétrique, pour une commande en onde « trapèze »
- soit du type résolver pour une commande en onde « sinus » (le plus utilisé)
- un servo-amplificateur (variateur) comprenant :
- une alimentation (redressement triphasé)
- un module de freinage avec récupération d'énergie sur résistance RF
- une commande de moteur en onde « trapèze » ou en onde « sinus » (Schéma de raccordement § 12.4.4.).

# SYNOPTIQUE D'UN SERVO-ENTRAÎNEMENT DU TYPE « SINUS »



11.3.1.
CONCEPT DES
SERVOMOTEURS
BRUSHLESS

Fig. 24 - Ensemble d'un servo-entraînement sans balais PARVEX

 $U_{\text{CR}}$ : alimentation de commande du convertisseur alternatif/continu (redresseur)

UCO: alimentation de commande du convertisseur continu/alternatif (onduleur)

#### **AVANTAGE DES ENTRAÎNEMENTS AVEC MOTEUR SANS BALAIS:**

- possibilité d'accélération élevée sans limitation due à la commutation
- temps de démarrage court (n<sub>maxi</sub> atteinte en moins d'1 s)
- rendement élevé sur toute la gamme de vitesse ( $\eta \approx 0.94$ )
- gamme de vitesse importante (1 750 à 7 000 min<sup>-1</sup>)
- puissance constante dans un rapport de vitesse de 4
- le résolver, capteur analogique, permet :
  - la génération de la position angulaire du rotor par rapport au stator du moteur permettant le contrôle du courant dans les phases;
  - la génération de l'information vitesse de rotation du moteur ;
  - le contrôle, en association avec une commande numérique, de la position de l'axe
- facilités accrues au niveau de la protection et de la maintenance des moteurs
- encombrement réduit.

Les paramètres sont proches de ceux du moteur à courant continu. Ils sont ramenés vu côté électronique.

F.E.M. :

$$E = k_{\rm E} \, \frac{n}{1\,000}$$

E: F.E.M. en V

k<sub>E</sub> : constante de tension en V/1 000 min⁻¹

n : fréquence de rotation en min-1

Il y a proportionnalité entre E et n.

COUPLE:

 $M = k_{\rm M} \cdot I$ 

M : couple en Nm

k<sub>M</sub>: constante de couple en Nm/A

/ : intensité du courant en A

**CONSTANTE DE TEMPS MÉCANIQUE:** 

$$\tau_{\rm m} = \frac{J \cdot R}{k_{\rm M}^2}$$

 $\tau_{\rm m}$  : constante de temps en s

J: inertie en kg. m<sup>2</sup>.10<sup>-3</sup>

R : résistance entre deux phases en  $\Omega$ 

k<sub>M</sub>: constant de couple en Nm/A

 $\tau_{\rm m}$  est le temps mis par le rotor pour atteindre 63 % de la fréquence de rotation affichée en partant d'une vitesse nulle pour un moteur alimenté sous une tension constante. (On peut admettre que le temps de démarrage  $t_{\rm d}$  vaut 3  $\tau_{\rm m}$  environ.)

# **CONSTANTE DE TEMPS ÉLECTRIQUE:**

$$\tau_{\rm e} = \frac{L}{R}$$

 $\tau_{\rm e}$ : constante de temps en s L: self entre phases en H

R: résistance entre phases en  $\Omega$ 

# **CALCUL THERMIQUE:**

$$M_{\text{th}}: \sqrt{\frac{\Sigma^{\gamma}(M_i^2, t_i)}{\Sigma^{\gamma}_i t_i}}$$

Mth = couple thermique

11.3.2.

**PARAMÈTRES** 

**TECHNIQUES** 

t<sub>i</sub> = temps de fonctionnement des différentes phases du cycle

M<sub>i</sub> = couple pendant ces phases de fonctionnement

T = durée d'un cycle

Exemple: (Fig. 25)

démarrage :  $t_d$  = 1 s  $l_d$  = 10 A. nominal :  $t_n$  = 55 s  $l_n$  = 5 A. freinage :  $t_i$  = 1 s  $l_i$  = 10 A.

T = 5 min.  $k_{\text{M}} = 1 \text{ Nm/A.}$ 

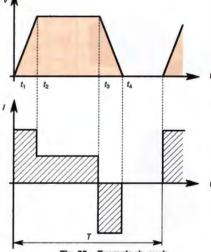


Fig. 25 - Exemple de cycle

$$M_{\text{th}} = \sqrt{\frac{(10 \times 1)^2 \times 1 + (5 \times 1)^2 \times 55 + (10 \times 1)^2 \times 1}{5 \times 60}} = 2,3 \text{ Nm}.$$

Conditions d'utilisation d'un moteur sans balais sur le plan thermique :

 $M_{\rm th} \leq 0.9 M_{\rm n}$ 

avec Mn: couple nominal

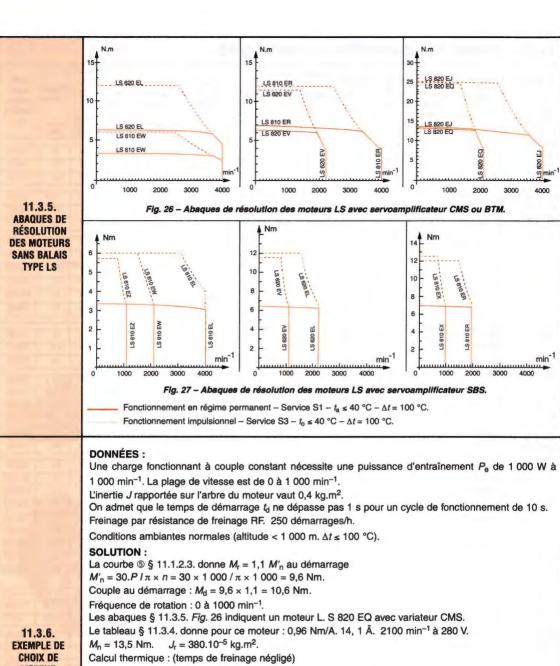
- conditions de température normale : t<sub>a</sub> ≤ 40 °C.
- altitude normale ≤ 1 000 m.
- chaque t doit rester très inférieur à la constante thermique τ<sub>th</sub> du moteur
- les temps de fonctionnement à vitesse élevée (n > 3 000 min<sup>-1</sup>) restent faibles
- les caractéristiques de couples sont données en service S1 pour une élévation de température Δt de 100 °C
   Si Δt est limitée à 70 °C, le couple maximal doit être diminué de 25 %.

#### **COUPLE MAXIMUM:**

- Les calculs de couple sont identiques à ceux d'un moteur à courant continu :
  - calcul de l'inertie ramenée au moteur
  - calcul des frottements et couples antagonistes
  - établissement des courbes COUPLE/VITESSE (inertie rotor comprise)
- Vérifier sur les courbes § 11.3.5. que le démarrage se trouve à l'intérieur de la zone de fonctionnement.

			2.6	2		1			FORME	UTILISATIONS
2		Z	5	5		rs.		င်	Туре	CA
de 130 à 170	de 32,7 à	de 1 6,7	de 17,5 à	de 9 17,5	31 a 16	16 a 3,3				RACTÉ
7 000	7 000	de 7 100 à 1 400	de 4 000 à 1 750	de 4 000 à 1 600	de 4 000 à 1 700	de 4 000 à 900	de 3 400 à 2 400	de 6 500 à 1 700	Fréquence de rotation maximale (min <sup>-1</sup> )	CARACTÉRISTIQUES
148	de 38,5 a	de 3,15 à	de 22,7 à		de 28,6 à 52,5			2,5 2,5		JES
								•	Type BTM (Alimentation, freinage et servoamplificateur intégrés en onde « trapèze »)	181
			jusqu'à		•	•			Type BTM (Alimentation, freinage et servoamplificateur intégrés en onde « sinus »)	
•	•	•	•	•	•	•	•	•	Module d'alimentation type AMS (fonction redressement)	SER
•	•	•		•	•	•	•	•	Module de freinage type FMS (dissipation d'énergie dans une résistance)	SERVOAMPLIFICATEUR
							•	•	Servoamplificateur type CMS2 modulaire (en onde « trapèze »)	LIFICA
		•	•	•	•	•			Servoamplificateur type CMS3 modulaire (en onde « sinus ») à microcontrôleur	TEUR
•	•		•						Servoamplificateur type CMS4 modulaire (en onde « sinus ») à microprocesseur	
		•		•		•			Servoamplificateur type SBS intégré (en onde « sinus ») très haute dynamique	
								•	Capteur de commutation type CPR	-4
							•	•	Tachymétrie type AT	CAP
•	•		•		•		•	•	Codeur incrémental ou G.I. type C6	CAPTEUR
•	•	•	•	•	•	•			Résolveur 7 V <sub>eff</sub> 5 kHz 70 mA maxi	7
•	•	•	•	•	•	•	•	•	Frein à manque de courant (24 V =) modulaire	DIVERS
		•		•	•	•	•	•	Réducteur modulaire et intégré au moteur	另

TYPE LS	Caracté- ristiques (40 °C ambiant)	Couple permanent en rotation lente $\Delta t = 100$ °C	Vitesse à 175 V (SBS)	Vitesse à 280 V (CMS BTM)	Valeur crête du courant perma- nent	Couple par ampère- crête (25°c)	Inertie	Constante de temps mécanique	Constante de temps thermique	admi		Masse moteur	Servo- amplifi- cateurs associée
moteur court montage	amoram,	Nm	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>	Â	Nm/Â	kgm <sup>2</sup> . 10 <sup>-5</sup>	ms	min	daN	daN	kg	4/1
simplifié						l							
isolation classe F	LS 610 EW LS 620 EL	3,3	2 500 2 500	4 000	7,35 13,8	0,45	70 115	8,2	15 20	50 55	40	8	7,5/15
IP 64/65	LS 620 EV	6,4	1 350	2 200	7,2	0,464	115	4,5 4,5	20	55	40	10	7,5/1
Applications : machine	LS 810 ER	7	2 500	4 000	13,8	0,506	180	5	20	65	40	12,5	15/30
de haute	LS 820 EJ	13,5	-	4 000	26,5	0,51	380	3,8	25	70	40	16	30/60
pression	LS 820 EQ	13,5	1 300	2 100	14,1	0,96	380	3,8	25	70	40	16	15/30
robotique	LS 910 EM	16	-	3 300	29,2	0,55	730	5,6	35	105	40	17	30/60
	LS 910 EW	16	1 000	1 700	14,6	1,1	730	5,6	35	105	40	17	15/30
	LS 914 EH	22	-	4 000	52,5	0,42	910	4,2	40	115	40	21	60/10
	LS 914 EM	22	-	2 400	28,6	0,77	910	4,2	40	115	40	21	30/60
	LS 920 EH	31	-	3 100	51,6	0,6	1 200	3,2	45	120	40	27	60/100
	LS 920 EM	31	-	1 700	28	1,1	1 200	3,2	45	120	40	27	30/60
TYPE LD	LD 690 EK	9	1 900	3 100	14	0,64	160	3,6	25	65	40	12	15/30
TIPE LD	LD 640 EG	11,5	-	4 000	22,7	0,51	210	3,4	30	65	40	14	30/60
faible	LD 640 EJ	11,5	1 600	2 600	14,7	0,79	210	3,4	30	65	40	14	15/30
diamètre	LD 825 EJ	17,5	-	3 200	27.6	0,63	430	3,1	27	120	40	17,8	30/60
fortes puissances	LD 825 ER	17,5	1 000	1 600	13,8	1,27	430	3,1	27	120	40	17,8	15/30
intégration	LD 830 EE	22	-	4 000	56	0,4	495	2,8	30	120	40	19,5	60/10
acile L	LD 830 EJ	22	-	2 600	30	0,74	495	2,8	30	120	40	19,5	30/60
IP 64/65	LD 840 EE	27,5	-	3 700	51	0,54	635	2,4	35	120	40	23	60/100
Applications :	LD 840 EJ	27,5	-	2 000	27	0,01	635	2,4	35	120	40	23	30/60
machines-	LD 924 EL	36	-	1 500	29.8	1,21	1 400	2.8	49	170	70	31	30/60
outils spéciales	LD 924 EG	36		3 000	59,6	0,604	1 400	2,8	49	170	70	31	60/100
robots	LD 930 EF	44		2 800	64,6	0,68	1 650	2,5	55	170	70	37	100/14
portiques	LD 930 EG	44	-	2 500	58	0,76	1 650	2,5	55	170	70	37	60/100
	LD 940 EE	56	-	2 300	69	0,81	2 200	2,3	65	170	70	47	100/14
	LD 940 EG	56	-	1 800	55	1,01	2 200	2,3	65	170	70	47	60/100
	LD 960 CC	70	-	3 000	90	0,78	3 100	3,1	85	230	70	64	100/14
	LD 960 CF	70	-	1 750	56	1,25	3 100	3,1	85	230	70	64	60/100
	LD 960 CF Ventilé	98	-	1 750	82	1,2	3 100	3,1	85	230	70	74	100/14
TYPE LX	LX 310 BF	1	7 100	-	5,7	0,176	3,5	2	12	25	10	1,8	7,5/15
	LX 310 BS	1	4 000	6 300	3,15	0,318	3,5	2	12	25	10	1,8	4/8
Isolation	LX 320 BB	1,9	7 100	-	11	0,175	7	1,3	16	25	10	2,5	15/30
classe F	LX 320 BD	1,9	4 700	-	7,3	0,262	7	1,3	16	25	10	2,5	7,5/15
précision	LX 320 BF	1,9	3 300	5 400	5,2	0,367	7	1,3	16	25	10	2,5	7,5/15
élevée	LX 320 BM	1,9	2 400	3 900	3,75	0,51	7	1,3	16	25	10	2,5	4/8
.ppout.i.	LX 410 CN	1,9	4 700	-	7,3	0,26	11	2,1	15	40	18	3,2	7,5/15
exigences de précision	LX 410 CX	1,9	2 500	4 000	3,8	0,496	11	2,1	15	40	18	3,2	4/8
très haute	LX 420 CD	3,4	5 000	-	14	0,244	19	1,3	26	45	20	4,3	15/30
dynamique des automa-	LX 420 CL	3,4	2 600	4 200	7,3	0,464	19	1,3	26	45	20	4,3	7,5/15
	LX 430 CD	5,1	3 200	5 100	14	0,377	28	1	30	45	20	5,3	15/30
modernes	LX 430 CE	5,1	2 900	4 700	12,3	0,415	28	1	30	45	20	5,3	15/30
	LX 430 CK	5,1	1 800	2 900	7,5	0,68	28	1	30	45	20	5,3	7,5/15
	LX 440 CC	6,7	2 800	4 480	14,8	0,45	39	1,5	35	45	20	6,3	15/30
	LX 440 CF	6,7	2 150	3 500	11	0,45	39	1,5	35	45	20	6,3	15/30
	LX 440 CB	6,7	- 100	6 000	19	0,35	39	1,5	35	45	20	6,3	30/60



MOTEUR

# $10,6^2 \times 1 + 9,6^2 \times 9$ = 8,09 Nm (0,9 M<sub>n</sub>) condition donnée § 11.3.2.

Puissance dissipée dans les résistances de freinage RF (module de freinage § 11.3.1.).

Le constructeur donne :

$$P_{\rm df} = \frac{J}{2} \left( \frac{n}{9,55} \right)^2 . f_{\rm i}$$

(cas le plus défavorable)

Poff: puissance moyenne à dissiper dans les résistances de freinage RF en W.

J: inertie totale ramenée sur l'arbre du moteur en kg.m².

n : fréquence de rotation de l'arbre au début du freinage en min-1,

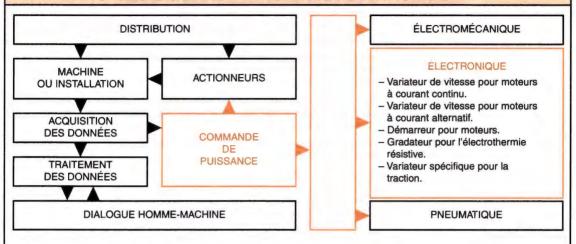
fi : fréquence des cycles de freinage en s-1.

$$P_{\text{df}} = \left(\frac{0.4 + 380 \cdot 10^{-5}}{2}\right) \cdot \left(\frac{1000}{9.55}\right)^2 \cdot \frac{250}{3600} = 154 \text{ W}$$

Le moteur LS 820 EQ sera alimenté par un variateur du type CMS délivrant 134 V pour 1000 min-1; 11,05 A au démarrage et nécessitant un module de freinage dissipant 154 W.

# 12. LES CONVERTISSEURS STATIQUES

# 12.1. IDENTIFICATION DU CONVERTISSEUR DANS LES ÉQUIPEMENTS D'AUTOMATISMES



La position du variateur, par rapport au moteur, est l'une des principales différences entre les moto-variateurs mécaniques et les moto-variateurs électroniques.

# - Moto-variateur mécanique :

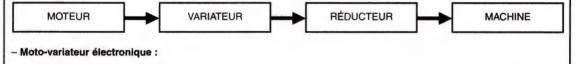
12.2.1.

**FONCTIONS** 

RÉALISÉES PAR

LES VARIATEURS

ÉLECTRONIQUES





# 12.2. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN CONVERTISSEUR STATIQUE

- DÉMARRAGE

Mise en vitesse d'une machine, depuis l'arrêt jusqu'à la vitesse de fonctionnement évitant les aléas électriques et mécaniques (pointes de courant, chutes de tension, à-coups mécaniques...)

- VARIATION DE VITESSE

Deux notions à discerner : la variation et la régulation.

- Un variateur n'est pas obligatoirement un régulateur. C'est un système qui possède une commande électronique avec amplification de puissance mais qui n'a pas de boucle de retour.

La grandeur de sortie évolue en fonction des perturbations. C'est un système non asservi, il fonctionne en « boucle ouverte ».

 Un régulateur est un système asservi. Il possède une commande électronique avec amplification de puissance et une boucle de retour, il fonctionne en « boucle fermée ».

La grandeur de sortie (tension, courant, puissance, vitesse, position,...) est asservie à la grandeur d'entrée appelée consigne ou référence.

Si la consigne est variable, le système est à la fois variateur et régulateur.

- FREINAGE D'ARRÊT

Décélération de la vitesse de fonctionnement jusqu'à vitesse nulle, par application d'un couple de freinage contrôlé, ou non, après action sur un « arrêt d'urgence » par exemple.

- FREINAGE DE RALENTISSEMENT

Décélération de la vitesse de fonctionnement jusqu'à une vitesse intermédiaire par application d'un couple de freinage contrôlé.

INVERSION DU

Possibilité d'ordonner l'autre sens de marche, l'inversion se faisant à vitesse nulle, SENS DE MARCHE après décélération forcée ou non.

UNIDIRECTIONNEL Système de conversion électronique de l'énergie électrique ne permettant le passage de cette énergie que dans le sens : réseau → récepteur.

Il ne permet pas ni de freinage statique, ni d'inversion statique du sens de marche.

- RÉVERSIBLE (bidirectionnel)

Système de conversion électronique de l'énergie électrique autorisant le transfert de cette énergie dans les deux sens : réseau - récepteur.

Il permet le freinage par récupération d'énergie.

(Transmission au réseau tout ou partie de l'énergie emmagasinée dans les pièces

en mouvement de la machine.)

- COUPLE CONSTANT Le fonctionnement est dit à « couple constant » lorsque le moteur peut fournir le couple nominal quelle que soit la vitesse.

(Systèmes de traction, de levage,...)

 PUISSANCE CONSTANTE Le fonctionnement est dit à « puissance constante » lorsque le moteur peut fournir un couple inversement proportionnel à la vitesse angulaire.

(Enrouleur axial, tour,...)

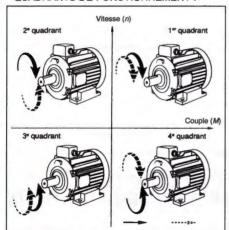
- CHARGE ENTRAÎNANTE Une charge est dite « entraînante » lorsqu'elle provoque une vitesse supérieure à la vitesse de consigne.

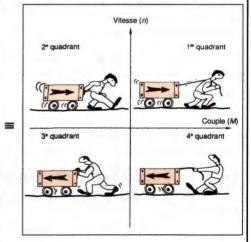
#### Exemples:

- Action du vent sur les mouvements horizontaux des engins de manutention installés à l'air libre.
- Gravité sur les mouvements de levage des charges.
- Balourd d'une pièce en rotation sur la moitié de chaque tour.

# 12.2.2. CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

#### - QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT :





# Les divers fonctionnements sont caractérisés :

- par une marche en MOTEUR : quadrants 1 et 3.

(Le moteur fournit une puissance mécanique.)

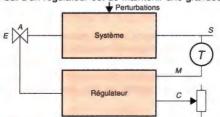
- par une marche en FREINAGE : quadrants 2 et 4.

(Le moteur absorbe une puissance mécanique.)

# 12.2.3. RÉGULATION ET ASSERVISSEMENT

# SCHÉMA GÉNÉRAL D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION :

Le but d'un régulateur est de maintenir une grandeur S à une valeur préalablement réglée C.



T: transmetteur ou capteur de mesure.

S: grandeur régulée.

E : arrivée de l'énergie.

A: actionneur.

M : signal de mesure ou de retour.

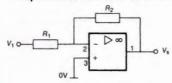
C : consigne ou référence.

En cas de perturbation, S varie, M est modifié.

L'écart *C-M* appliqué à l'entrée du régulateur agit sur *A* suivant un procédé de calcul déterminé de manière à réduire et annuler la perturbation.

# • BOUCLE À ACTION P. I. D OU PID

- Amplificateur inverseur ou à action « Proportionnelle » (P) :

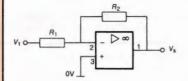


C'est le montage de base dans une régulation. Il est constitué d'un amplificateur opérationnel (Chapitre 23).

$$V_{\rm s} = -V_1 \, \frac{R_2}{jR_1}$$

Amplificateur intégrateur ou à action « Intégrale » (I) :

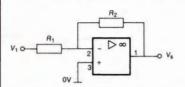
 $R_2$  dans le montage ci-dessus est remplacé par  $R_1$  par  $R_1$ 



$$V_{\rm s} = -V_1 \, \frac{1}{{\rm j}RC\omega}$$

En régime harmonique  $\omega$  est remplacé par p (variable de Laplace) d'où :  $V_s = -V_1 \frac{1}{BC_0}$ 

- Amplificateur dérivateur ou à action « Dérivée » (D) :



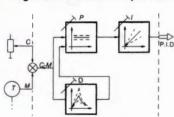
 $R_2$  est remplacé par R et  $R_1$  par  $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_0}$ :

$$V_{\rm S} = -V_1 RC\omega$$

En régime harmo-

nique (réponse à un échelon de tension) la relation devient :  $V_s = -V_1 RCp$ .

- Régulation à action « Proportionnelle » « Intégrale » et « Dérivée » (PID) :



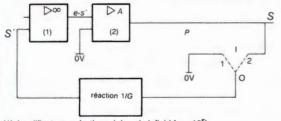
La régulation à action « Proportionnelle » fonctionne en tout ou rien. Pour pallier ce défaut, l'action « Intégrale » a pour but de transformer le signal tout ou rien en valeur moyenne. L'action « Dérivée » permet de suivre les variations rapides du signal obtenues par l'action Pl.

Le transmetteur T fournit à tout moment une correction proportionnelle à l'écart C-M.

À la vitesse désirée, par exemple, on fait correspondre une tension de référence. À la vitesse mesurée, on fait correspondre une tension mesurée, image de la vitesse.

### STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN RÉGULATEUR

- La régulation est assurée par un comparateur dont le principe de fonctionnement est le suivant :



- Boucle ouverte:
- (commutateur I en 1)
- Le gain est maximum Boucle fermée :

(commutateur I en 2)

On pose 1/G = kS = (e - S) A

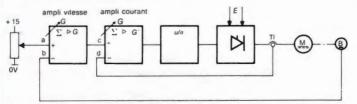
S = (e - kS) A

S' = kSd'où:

Le gain dépend de la réaction 1/Gk

S = eA

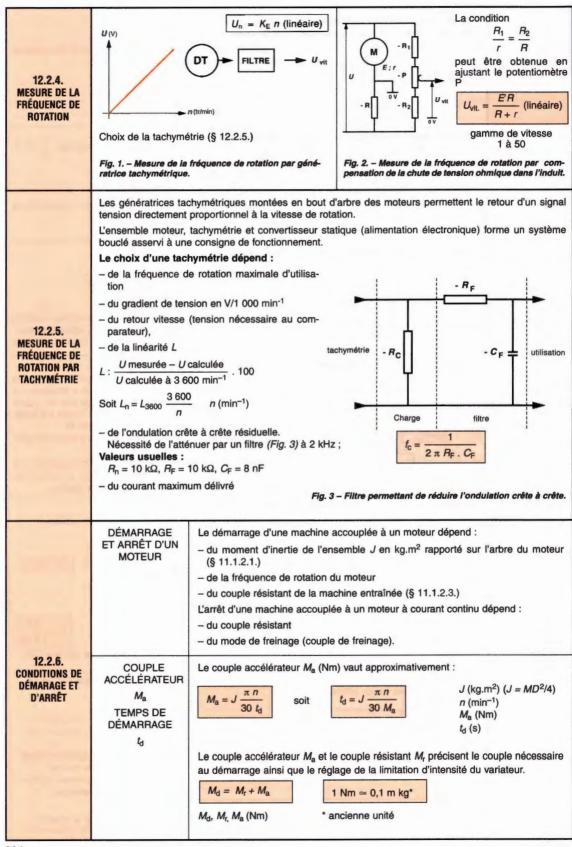
- (1) Amplificateur opérationnel de gain infini ( $A_0 \simeq 10^5$ ).
- (2) Amplificateur opérationnel de gain A.
  - La régulation complète d'un variateur, par exemple, inclut le contrôle du courant afin que celui-ci ne dépasse pas une valeur affichée.



- TI: transformateur de courant.
- B: dynamo tachymétrique.

L'ampli « vitesse » assure la régulation de la vitesse.

L'ampli « courant » limite le courant et devient prioritaire au moment où une surintensité tend à se produire.  $U/\alpha$  est un module transformant le signal de sortie (valeur moyenne) en angle de conduction de l'actionneur.





TEMPS DE **FREINAGE** 

CONDITIONS

DE DÉMARRAGE ET D'ARRÊT

12.2.7.

**GRANDEURS** 

CARACTÉRISTIQUES

**POUR VARIATEUR** 

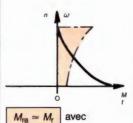
**ALIMENTANT LES** 

MOTEURS

**À COURANT** 

CONTINU

# **ARRÊT NATUREL**



ďoù 30 t

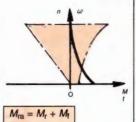
$$t_{\rm f} = J \, \frac{\pi \, n}{30 \, M_{\rm r}}$$

Par coupure de l'alimentation, le couple de ralentissement Mra (Nm) est égal au couple résistant Mr (Nm) au moment de la coupure.

 $J (kg.m^2) (J = MD^2/4)$ n (min-1) au moment de la coupure

t<sub>f</sub>(s) temps de freinage relativement long

# ARRÊT RHÉOSTATIQUE



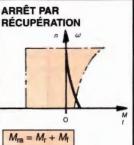
M<sub>f</sub> (Nm)

$$t_{\rm f} = J \frac{\pi n}{30 \left(M_{\rm f} + M_{\rm f}\right)}$$

Le freinage du type rhéostatique (freinage électrique) est proportionnel à la vitesse  $(M_1 = Kn).$ 

La limitation de l<sub>1</sub> (2 à 3 l<sub>n</sub>), est obtenue à l'aide de résistances

t est plus court que par arrêt naturel.



M<sub>4</sub> (Nm) est constant grâce à la limitation d'intensité du variateur (il doit être réversible).

$$t_{\rm f} = J \frac{\pi n}{30 \left(M_{\rm r} + M_{\rm f}\right)}$$

avec

$$M_{\rm f} \simeq M_{\rm r} \, \frac{I_{\rm f}}{I_{\rm n}}$$

It : courant maximum de freinage (constante fixée par le variateur).

In: courant nominal du moteur.

t: très court avec adaptation possible de It.

### - FORME DE COURANT

Le convertisseur statique fournit au moteur un courant pulsé présentant :

- une valeur moyenne : Imov. - une valeur efficace : leff.

- une valeur crête : /c.

→ Le courant moven :

Le courant moyen I<sub>moy</sub> produit le couple. La courbe Fig. 4 donne la relation existant entre couple et courant.

#### → Le courant efficace :

Le courant efficace les provoque l'échauffement de tout le circuit qu'il traverse :

- le contacteur de commande,

- le variateur.

- le relais de protection (réglage à leff),

- le moteur,

- les connexions.

→ Le courant de crête lc affecte la commutation du moteur.

Il est de l'ordre de 3 fois le courant moyen Imov.

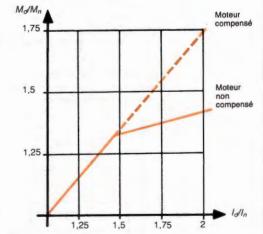


Fig. 4 - Relation entre couple et courant pour un moteur à courant continu.

# – FACTEUR DE FORME F :

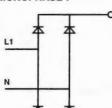
I<sub>eff</sub> moteur I<sub>moy</sub> moteur : facteur de forme

leff: valeur efficace du courant Imoy: valeur moyenne du courant

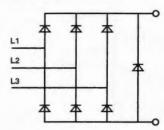
Il est différent suivant le type de pont (§ 11.2.5. Fig. 21).

# PONT MIXTE PONT COMPLET





# TRIPHASÉ :



# Les semi-conducteurs de puissance sont montés en pont de Graëtz.

- Le pont mixte est composé à la fois de semi-conducteurs non contrôlés (diodes) et de semi-conducteurs contrôlés (thyristors, transistors). Un tel pont ne peut transmettre l'énergie que dans un seul sens.
- Le pont complet est entièrement composé de semi-conducteurs contrôlés. Un tel pont est apte à transmettre l'énergie dans les deux sens.

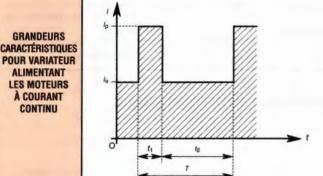
### - RÉGIME DE FONCTIONNEMENT

# → Régime permanent :

Le variateur est caractérisé par un courant maximal permanent I<sub>max</sub> qui n'autorise aucune surcharge.

# → Régime cyclique simple :

Le fonctionnement peut être défini par deux intensités Io et Io dont les valeurs sont les suivantes pour les variateurs de 12 à 600 A.



$$l_0 \le 0.7 l_{MAX}$$
 permanent.

$$l_p \le 2 l_0$$
  
 $t_2 \ge 7 t_1$   
 $t_1 \le 1 \text{ min}$  de 12 à 72 A.

$$l_{\rho} \le 2 l_{o}$$
  
 $t_{2} \ge 7 t_{1}$   
 $t_{1} \le 30 \text{ s}$  de 150 à 600 A.

Fig. 5 - Régime cyclique simple.

#### → Régime cyclique particulier :

Dans le cas d'un cycle de fonctionnement particulier et bien connu, il faut calculer le courant moyen thermiquement équivalent Imte

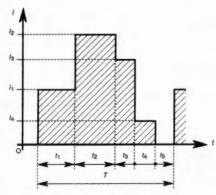


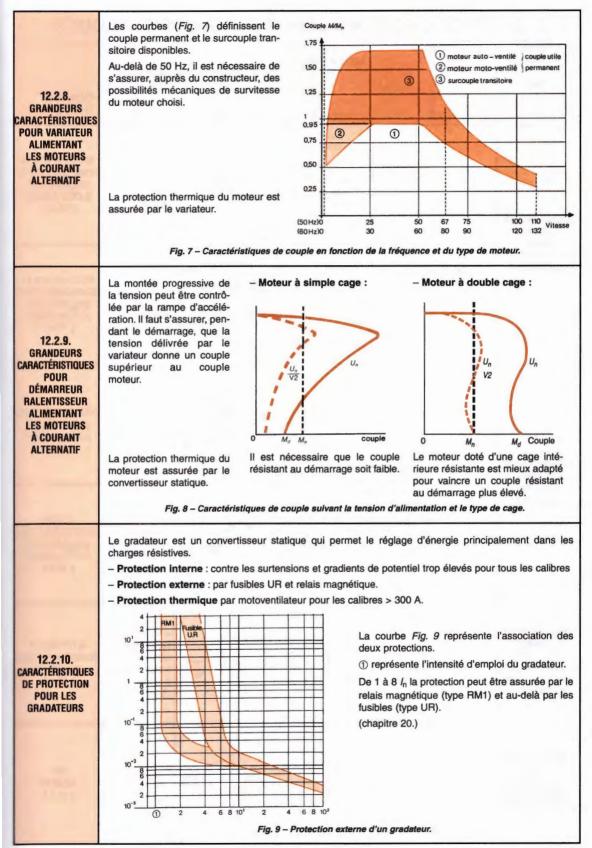
Fig. 6 - Régime cyclique particulier.

$$I_{\text{mite}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots I_n^2 t_n}{T}}$$
avec  $T = t_1 + t_2 + \dots t_n$ 

Les conditions de fonctionnement sont remplies

I<sub>mte</sub> ≤ 0,8 I<sub>max</sub> permanent du variateur I<sub>D</sub> moteur ≤ I<sub>D</sub> variateur

CONTINU

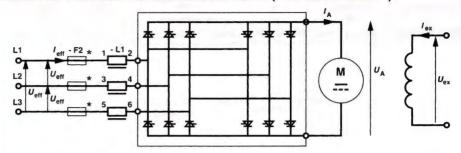


APTITUDES	SYMBOLE	SCHÉMA FONCTIONNEL	ALLURE DE LA TENS	SION DE SORTIE	
TYPE				TYPE DE CHARC	EXEMPLE DE VARIATEUR
CONVERTISSEUR ALTERNATIF/		Pont complet unidirectionnel	<b>\$\$\$\$\$</b>	- Moteur à courant continu à excitation séparée	RECTIVAR RTV 74 (SCHNEIDER ELECTRIC UNIDRIVE DMV (LEROY SOMER) § 12.4.1.
CONTINU (REDRESSEUR CONTRÔLE)	- 2-	Pont complet réversible		- Moteur à courant continu à aimants permanents (§ 11.2.)	RECTIVAR RTV 84 (SCHNEIDER ELECTRIC, UNIDRIVE DMV (LEROY SOMER) § 12.4.1.
CONVERTISSEUR ALTERNATIF/	2 2 3	# - X		- Moteur asynchrone (§ 11.1)	ALTIVAR ATV (SCHNEIDER ELECTRIC UNIDRIVE UMV (LEROY SOMER) § 12.4.2
ALTERNATIF (ONDULEUR)	2 - 2	MS 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3		Moteur synchrone type Brushless     Moteur variateur (§ 11.3)	LEXIUM (SCHNEIDER ELECTRIC, UNIDRIVE UMV (LEROY SOMER) § 12.4.3.
CONVERTISSEUR ALTERNATIF/ ALTERNATIF (DÉMARREUR, RALENTISSEUR PROGRESSIF)		# M		- Moteur asynchrone à cage à cage résistante à bagues (§ 11.1.)	ALTISTAR LH4 (SCHNEIDER ELECTRIC) DIGISTART § 12.4.4.
CONVERTISSEUR ALTERNATIF/ ALTERNATIF (GRADATEUR PAR TRAIN D'ONDES)	2	° ₩ Û Y œu D	₩	- Charge résistive	3RF1 SIEMENS § 12.4.5.

		CAI	RACTÉRISTI	QUES PRIN	CIPALES				SECTEURS D'APPLICATION
QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT	GAMMES DE FRÉQUENCE VITESSE		TYPE DE RÉGULATION		YPE REINAGE RALENTISSEMENT	GAMMES DE PUISSANCE	0	IONS E CHARGE	
1 M		1 à 20 1 à 300 1à1000	U − RI tachymétrie	Par récupération d'énergie	Par récupération d'énergie	6 kW à 1 690 kW	230 V à 690 V	260 à 750 V	Machines à cycles :
2 1 3 4		1 à 20 1 à 300 1à1000	U − RI tachymétrie	Par récupération d'énergie	Par récupération d'énergie	2,7 kW à 1 530 kW	230 V à 690 V	230 à 750 V	Manutention:     positionnement précis     vitesses maximales     sans à-coups ni     balancements.      Papeterie:     maintien constant     de la vitesse.
2 1 3 4	1 à 67 (50 Hz) 1 à 80 (60 Hz) 1 à 110 (50 Hz) 1 à 132 (60 Hz)		tachymétrie	Par injection de courant continu	Rhéostatique	0,18 kW à 630 kW	200 V à 500 V	200 à 500 V	Machines-outils     Manutention, convoyage     Conditionnement     Textile     Machines centrifuges     Enrouleurs, scies
2 1 M	-	1 à 10 000	résolver (§ 11.3.)	Rhéostatique	Rhéostatique	Couple de 0,6 Nm à 3 000 Nm	230 V 400 V	230 V 400 V	Robotique     Machines-outils     - commande d'axes     - commande de broches     Manutention     Emballage
2 1 M	50/60 Hz	-	-	Par injection de courant continu réglable de 2 à 30 s	Contrôlé par rampe décélératrice réglable de 2 à 60 s	En tri 230 V : 355 kW En tri 400 V : 630 kW En tri 500 V : 800 kW	230 V 400 V 440 V 500 V	O à <i>U</i> n	Traitement de l'air, de l'ea Pompes à chaleur Filatures, tréfileries Manutention Conditionnement Escaliers, trottoirs roulants
	50/60 Hz	_	-	-	-	En mono 240 V : 220 kVA En mono 480 V : 380 kVA En tri 480 V : 658 kVA		trains d'ondes à <i>U</i> <sub>n</sub>	Fours industriels     Étuves – chaudières     Résistances de chauffag     Extrudeuses     Autoclaves     Séchoirs

## 12.4. SCHÉMAS DE BRANCHEMENT DES CONVERTISSEURS STATIQUES

#### SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN VARIATEUR DE VITESSE (TYPE RECTIVAR RTV74):



\* Fusibles ultra-rapides à installer séparément pour les calibres 16 à 3 000 A.

#### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT



Variateur bidirectionnel fonctionnant dans les deux sens de marche avec possibilité de récupération de l'énergie dans le cas d'une charge entraînante.

12.4.1.
VARIATEUR DE
VITESSE POUR
MOTEUR
À COURANT
CONTINU

- TYPE DE RÉGULATION

Tension de retour obtenue par : - dynamo tachymétrique (mesure isolée).

- U-RI (mesure non isolée).

- GAMME DE VITESSE

1 à 20 en U-RI.

1 à 300 avec dynamo tachymétrique.

- EXCITATION

U<sub>RÉSEAU</sub> maxi : 440 V → U<sub>ex</sub> = 0,9 pour U<sub>RÉSEAU</sub> pour excitation fixe.

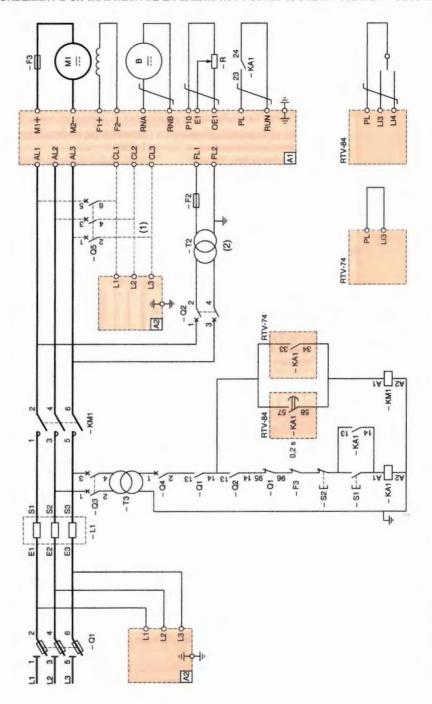
 $ightarrow U_{\rm ex}$  = 0,8 pour  $U_{\rm R\acute{e}SEAU}$  pour excitation régulée.

# TYPE RECTIVAR DE SCHNEIDERELECTRIC (RTV 74-84)

#### **EXEMPLE DE VARIATEURS DANS LA GAMME RTV 74-84**

Tension d'alimentation U <sub>eff</sub> (V)	Courant en ligne / <sub>eff</sub> (A)	Fusibles de ligne (*) type UR (A)	Courant maxi- mum perma- nent ≤ 40 °C (A)	Moteur	Tension d'induit U <sub>a</sub> (V)	Courant d'excitation	RECTIVAR Référence RTV 74/84
	24	50	32	5,5 à 10,5		15	D 32Q
	36	50	48	8 à 16		15	D 48Q
Triphoof	54	100	72	12 à 24		15	D 72Q
Triphasé 220	135	200	180	30,5 à 63	260	15	C 18Q
à	203	350	270	45 à 93	à	15	C 27Q
440	300	500	400	69 à 156	460	15	C 40Q
	488	800	650	112 à 253		15	C 65Q
	600	-	800	138 à 312		30	C 80Q
	938	-	1 250	215 à 487		30	M 12Q
	24	50	32	11,5 à 13		15	D 32S
	36	50	48	17 à 19,5		15	D 48S
Triphagé	54	100	72	26 à 30		15	D 72S
Triphasé 480	135	200	180	65 à 75	500	15	C 18S
ou ou	203	350	270	97 à 112	à	15	C 27S
500	300	500	400	150 à 171	570	15	C 40S
500	488	800	650	243 à 278		15	C 65S
	600	-	800	300 à 342		30	C 80S
	938	_	1 250	469 à 535		30	M 12S

#### RACCORDEMENT D'UN VARIATEUR DE LA GAMME RTV 74/84 de 16 à 72 A - 380/415 V - 50/60 Hz



(1) Connexions réalisées uniquement sur le RTV-84 D 16Q.

(2) Câbler le transformateur **T2** ou **FL1-FL2** entre les phases 1 et 3 en fonction de la tension réseau et excitation.

– RNA/RNB : tachymétrie

- PL/RUN : verrouillage

- PL/FW/RV : inversion du sens de marche

- P10/E1/OE1: consigne

- A2

: module filtre

- FL1/FL2 : alimentation de l'excitation

#### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU VARIATEUR DE VITESSE (TYPE ALTIVAR ATV-38) :

- Ce convertisseur est du type LMI (modulation de largeur d'impulsion)
- Tension d'entrée de 380 V 10 % à 460 V +10 %. Fréquence de 50 à 60 Hz ± 5 %.
- Sources internes disponibles :
  - + 10 V sur le potentiomètre de consigne, débit maximum 10 mA.
  - + 24 V pour les entrées de commande, débit maximum 200 mA.
- Entrées analogiques AI. Sorties analogiques AOI. Entrées logiques LI. Sorties logiques à relais.
- Module de communication par liaison série multipoint RS 485, protocole Modbus (9 600 à 19 200 bits/s).
- Rampes d'accélération et de décélération réglables de 0,05 à 999,9 s.
- Freinage d'arrêt par injection de courant continu pendant un temps réglable de 0 à 30 s ou permanent.
- Protection contre les courts-circuits et protection du moteur par image thermique.

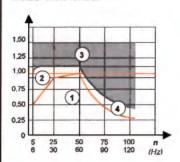
#### QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT :

Variateur bidirectionnel fonctionnant dans deux quadrants avec freinage par injection de courant continu. Inversion du sens de rotation par ordres extérieurs sur les entrées logiques.



#### CARACTÉRISTIQUES DE COUPLE :

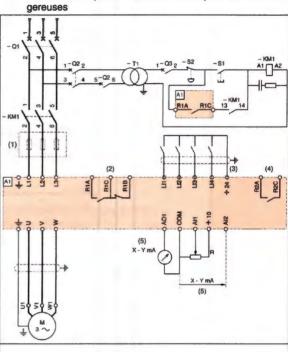
Les courbes ci-dessous définissent le couple permanent et le surcouple transitoire disponible, soit sur un moteur autoventilé, soit sur un moteur motoventilé.



- 1 : Moteur autoventilé ;
- couple utile permanent
- 2 : Moteur motoventilé ; couple utile permanent
- 3 : Surcouple transitoire.
- Couple en survitesse à puissance constante.

## SCHÉMA DE RACCORDEMENT AVEC CONTACTEUR DE LIGNE :

Alimentation triphasée. Schéma donné pour machines dangereuses



- (1) Inductance de ligne.
- (2) Contacts du relais de sécurité signalant l'état du variateur à distance
- (3) Sortie 24 V Ne pas dépasser les limites en courant (200 mA)
- (4) Relais à réaffecter.
- (5) X et Y sont programmables entre 0 et 20 mA indépendamment de Al2 et AO1.

#### EXEMPLE DE VARIATEURS DANS LA GAMME ALTIVAR ATV - 38 : (ALIMENTATION TRIPHASÉE 380 V À 460 V. 50/60 Hz)

Moteur	Réseau	10016	Altiv	/ar 38	
Puissance (kW)	Courant en ligne (A)	Courant nominal du variateur (A)	Courant transitoire maximum (A)	Puissance dissipée charge nominale (W)	Référence avec filtres CEM intégrés ATV 38
0,75	3,1	2,1	2,3	55	HU 18N4
1,5	5,4	3,7	4,1	65	HU 29N4
2,2	7,3	5,4	6	105	HU 41N4
3	10	7,1	7,8	145	HU 54N4
4	12,3	9,5	10,5	180	HU 72N4
5,5	16,3	11,8	13	220	HU 90N4
7,5	24,3	16	17,6	230	HD 12N4
11	33,5	22	24,2	340	HD 16N4
15	43,2	30	33	410	HD 23N4
18.5	42	37	41	670	HD 25N4

TYPE ALTIVAR DE SCHNEIDER-ELECTRIC (ATV 38)

#### PRÉSENTATION :

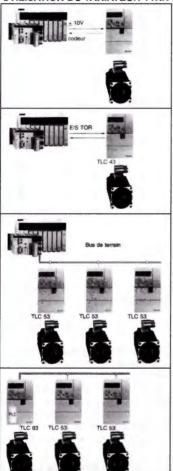
Les gammes de variateurs UNIDRIVE de LEROY SOMER ou TWIN LINE et LEXIUM de SCHNEIDER-ELECTRIC permettent de répondre aux exigences des multiples applications industrielles. Ils sont souvent associés à une commande séquentielle par automate programmable.

Ces nouveaux matériels sont raccordés directement sur le réseau de distribution électrique et alimentent directement le moteur. Les algorithmes de contrôle internes à ces variateurs permettent d'obtenir des performances maximales à des fréquences inférieures à 1 Hz.

UNIDRIVE de LEROY SOMER est un variateur universel qui permet l'alimentation de moteurs asynchrones standards en U/f linéaire, en U/f quadratique, en contrôle vectoriel de flux boucle ouverte et boucle fermée et l'alimentation des moteurs synchrones autopilotés (servomoteur ou moteur brushless). Les puissances s'échelonnent de 0.18 kW à 500 kW pour les moteurs asynchrones et les couples de 1 à 100 Nm pour les moteurs synchrones autopilotés.

TWIN LINE et LEXIUM de SCHNEIDER ELECTRIC sont des variateurs qui permettent l'alimentation des moteurs synchrones autopilotés (servomoteur ou moteur brushless) en commande de mouvement. Les couples s'échelonnent de 0,3 à 100 Nm.

UTILISATION DU VARIATEUR TWIN LINE de SCHNEIDER ELECTRIC.



12.4.3.

**VARIATEUR DE** 

VITESSE

**POUR MOTEUR** BRUSHLESS TYPE TWIN LINE

DE SCHNEIDER

ELECTRIC

(TLC53)

#### - Commande Intégrée à l'automate :

Les automates programmables proposent dans leurs gammes d'interfaces, des coupleurs de commande d'axes à sortie analogique assurant la fonction de positionnement. Ces modules permettent une facilité d'intégration et la mise en œuvre de la commande des mouvements dans les séquences de l'automatisme.

#### - Commande par contrôle « Tout Ou Rien » :

Ces variateurs disposent d'un positionneur contrôlé par les lignes d'entrées/sorties « Tout Ou Rien » d'un automate. Cette configuration simple permettant de disposer de toute la précision et de la réponse dynamique du variateur peut être suffisante dans des applications utilisant un petit nombre d'axes, peu synchronisés, et ne demandant pas un changement fréquent des réglages des variateurs.

#### - Commande par bus de terrain :

Ces variateurs apportent, en plus du positionneur intégré au variateur, le choix de la connexion à de nombreux bus de communication.

Cette possibilité de communication par des bus de terrain industriels élargit le champ des applications en facilitant les opérations de réglage et de maintenance à distance.

#### - Contrôleur de mouvement programmable :

Afin de répondre aux applications demandant, en plus, un contrôle séquentiel simple avec des entrées/sorties sur un bus de terrain, les variateurs sont des contrôleurs de mouvement programmables en langages graphiques ou textuels d'automaticiens, conformes à la norme CEI 61131. Ce variateur occupe la position de maître dans les applications multiaxes.

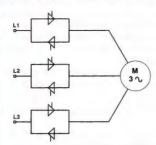
#### **EXEMPLE DE VARIATEURS TWIN LINE DANS LA GAMMETLC 53:**

Moteur \ Variateur	3 A. 750 W. mono.	3 A. 1,5 kW. tri.	6 A. 3kW. tri.	16 A. 8 kW. tri.
12 000 min <sup>-1 (1)</sup>	0,3 à 0,9 Nm <sup>(2)</sup> 0,8 à 3,6 Nm <sup>(3)</sup>			
6 000 min <sup>-1 (1)</sup>	1,1 à 3,1 Nm <sup>(2)</sup> 2,4 à 6,4 Nm <sup>(3)</sup>	1,1 à 3,1 Nm <sup>(2)</sup> 2,4 à 6,4 Nm <sup>(3)</sup>	2,2 à 3,6 Nm <sup>(2)</sup> 7,8 à 11,5 Nm <sup>(3)</sup>	
6 000 min <sup>-1 (1)</sup>	2,3 à 6,6 Nm <sup>(2)</sup> 4,6 à 15 Nm <sup>(3)</sup>	2,3 à 6,6 Nm <sup>(2)</sup> 4,6 à 15 Nm <sup>(3)</sup>	4,6 à 6,6 Nm <sup>(2)</sup> 14,5 à 25 Nm <sup>(3)</sup>	4,6 à 6,6 Nm <sup>(2)</sup> 18 à 25 Nm <sup>(3)</sup>
4 500 min <sup>-1 (1)</sup>	4,3 à 8,3 Nm <sup>(2)</sup> 8,5 à 16,5 Nm <sup>(3)</sup>	4,3 à 8,3 Nm <sup>(2)</sup> 8,5 à 16,5 Nm <sup>(3)</sup>	8,5 à 13,4 Nm <sup>(2)</sup> 27 à 39 Nm <sup>(3)</sup>	10 à 13,4 Nm <sup>(2)</sup> 38 à 48 Nm <sup>(3)</sup>
(1) Fréquence de rotati	on maximale du moteur l	BRUSHLESS. (2) Co	uple continu. (3) Cou	ple crête.

(2) Couple continu.

(3) Couple crête.

#### SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN DÉMARREUR PROGRESSIF : (TYPE LH4)



Le **LH4 N1** est un démarreur électronique progressif pour moteurs asynchrones triphasés à cage (gradateur). (Action sur la tension d'alimentation)

Le **LH4 N2** reprend les fonctionnelles du LH4 N1 et assure en plus le ralentissement progressif du moteur entraîné.

#### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- QUADRANT DE FONCTIONNEMENT



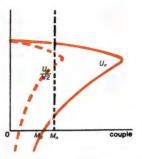
 Démarreur unidirectionnel un seul sens de rotation (gradateur à angle de phase) (L'inversion du sens de rotation peut être obtenue par contacteurs inverseurs)

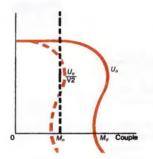
#### - COUPLE/VITESSE

12.4.4.
DÉMARREUR
RALENTISSEUR
PROGRESSIF
(ALTERNATIF)
TYPE LH4 DE
SCHNEIDERELECTRIC

- Moteur à simple cage :

- Moteur à double cage :





Il est nécessaire que le couple résistant au démarrage soit faible. Le moteur doté d'une cage intérieure résistante est mieux adapté pour vaincre un couple résistant au démarrage plus élevé.

- GAMME DE PUISSANCE - Alimentation 3 x 230 V, 50/60 Hz : jusqu'à 22 kW.

06..7

- Alimentation 3 x 400 V, 50/60 Hz : jusqu'à 45 kW.
- Alimentation 3 x 460 V, 50/60 Hz : jusqu'à 60 kW.
- Alimentation 3 x 690 V, 50/60 Hz : jusqu'à 75 kW.
- UTILISATIONS
- Démarrage progressif des moteurs asynchrones triphasés.
- Tous démarrages nécessitant une réduction des appels de courant afin d'optimiser la distribution de la puissance.

30

30LY7

37

44LY7

55

72LY7

75

85LY7

- Démarrage de pompes, ventilateurs, téléskis, tapis transporteurs, etc.

#### EXEMPLE DE DÉMARREURS RALENTISSEURS PROGRESSIFS DANS LA GAMME LH4-N2 Courant In (AC-3) (A) 6 12 22 32 44 72 85 Puissance maximale (kW) 1,1 2,2 5,5 7,5 11 15 22 sous 230 V° Puissance maximale (kW) 3 5.5 11 15 22 37 45 sous 400 V\* Puissance maximale (kW) Λ 7.5 15 20 30 50 60 sous 460 V\* Puissance maximale (kW)

25..7

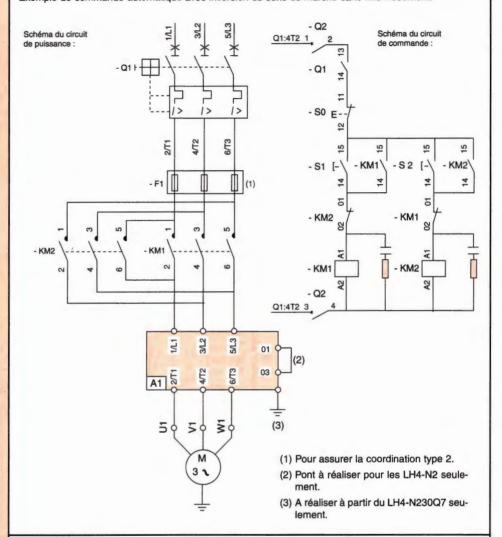
12..7

Tensions données par le constructeur.

sous 690 V\* Référence *LH4-N2* 

#### RACCORDEMENT D'UN DÉMARREUR-RALENTISSEUR PROGRESSIF DE LA GAMME LH4

Exemple de commande automatique avec inversion du sens de marche sans ralentissement.

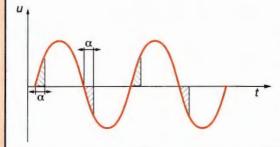


#### • MAINTENANCE :

#### Mesurage:

Note: l'énergie haute fréquence émise par le démarreur-ralentisseur progressif peut perturber les appareils radio situés à proximité. Ces perturbations peuvent être atténuées en séparant les câbles alimentant le moteur du reste de l'installation et en ajoutant des filtres.

Mesure à l'oscilloscope de la tension délivrée par le démarreur-ralentisseur progressif.



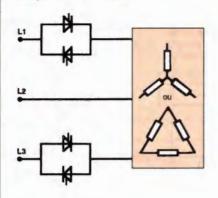
Le circuit de base, composé de 2 thyristors équivalents, montés tête-bêche, placé sur chaque phase permet, en fonction du moment ou de l'angle d'amorçage  $\alpha$ , d'alimenter une charge en tension variable et fréquence fixe.

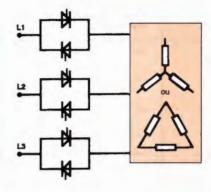
Si  $\alpha$  diminue  $\rightarrow U$  augmente.

#### • SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN CONVERTISSEUR STATIQUE (TYPE 3RF1 DE SIEMENS) :

Contacteur statique triphasé deux phases commandées :

Contacteur statique triphasé trois phases commandées :





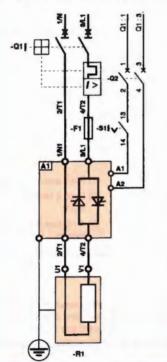
#### • RACCORDEMENTS DE RELAIS STATIQUES DU TYPE 3RF1 :

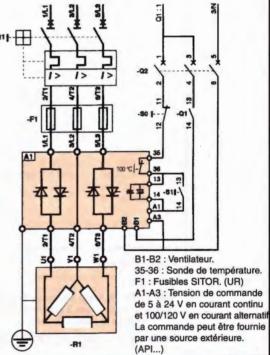
Contacteur statique monophasé :

Contacteur statique triphasé deux phases commandées :

Commande de résistance au 0 de tension. Commande d'un groupe de trois résistances au 0 de tension.

12.4.5.
CONVERTISSEUR
ET
CONTACTEUR
STATIQUE
POUR
ÉLECTROTHERMIE
RÉSISTIVE
TYPE:
3RF1
DE SIEMENS





Courant d'emploi : (A) à 40 °C en AC1	10	30	100	40	50
Tension d'emploi : (V)	240 mono	240 mono	480 mono	240 mono	480 tri
Tension de commande : (V)  Protection par fusibles UR : (SITOR)	5 à 24 continu 20	5 à 24 continu 63	5 à 24 continu 160	200 à 240 alternatif 20	5 à 24 continu 63

# 13. LES MICROMOTEURS

## 13.1. GUIDE DE CHOIX DES MICROMOTEURS

(D'après CROUZET)

APTITUDES	FORME	CARAC	TÉRIST	QUES P	RINCIPALE	_	UTILISAT	ION	
MICROMOTEURS								EXEMPLES D'APPLICATION	
		M (mNm)	<i>P</i> (W)	(v)	<i>n</i> (min <sup>-1</sup> )	Directe	Réduc- teur	Conver- tisseur	
MOTEUR PAS À PAS À AIMANT PERMANENT	Te.	20 à 300	5 à 12,5	3,6 à 12,9	7,5 ou 15°/pas 48 ou 24 pas par tour 600 pas/s maximum		•	•	Photocopieurs Machines à écrire Imprimantes Tables traçantes Machines de jeux Instrumentation Périphériques informatiques
MOTEUR PAS À PAS HYBRIDE	100	330 à 3 000	3,8 à 36	1,8 à 24	1,8 ou 3,6°/pas 200 ou 100 pas par tour 10000 pas/s maximum		•		Pompes médicales Pousse-seringues Distributeurs Automobiles Climatisation Régulation  (Positionnement précis sans boucle d'asservissement)
MOTEUR À COURANT CONTINU		7 à 600	0,9 à 33	12 24 48	Jusqu'à 5 000	•	•	•	Charge nécessitant un fort couple au démarrage Fonctionnement à couples résistants ponctuellement très élevés (points durs) La vitesse du moteur s'adapte au couple à fournir
MOTEUR ASYNCHRONE	To the second	5,5 à 28 (au démar- rage)	0,75 à 9,3	230 V 50 Hz	Jusqu'à 2 400	•	•	•	Mouvement de rotation ne nécessitant pas une grande précision     Puissance utile supérieure à celle disponible sur la gamme des moteurs synchrones
MOTEUR SYNCHRONE		9 à 106 (accro chage)	0,54 à 2,65	230 V 50 Hz	Jusqu'à 600	•	•	•	<ul> <li>Utilisation du produit comme base de temps</li> <li>Mouvement de rota- tion, nécessitant un effort relativement faible, à faible coût</li> </ul>

13.2. G	UID	E	DE	CH	101)	( D	UR	ÉD	UCT	EU	R				(D'a	près	CROU	ZET)
RAPPORT (R)	2,5	10	15	20	26	30	40	125/3	50	60	67,6	80	250/3	100	120	125	130	160
PAS À PAS		•	•	•		•	•	•		•		•	•	•	•	•		
CONTINU		•		•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•
ASYNCHRONE	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	•	•
SYNCHRONE		•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•
RAPPORT (R)	200	250	338	375	500	650	800	1 000	1 200	1 500	2 400	3 000	5 000	9 600	12 000	18 000	36 000	72 00
PAS À PAS																		
CONTINU	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•			
ASYNCHRONE	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
SYNCHRONE	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fig. 1 - Rapports de réduction les plus couramment utilisés.

#### CHOIX D'UN MOTORÉDUCTEUR (MICROMOTEUR + RÉDUCTEUR)

Le choix s'effectue à partir :

- de la puissance utile désirée en sortie du réducteur ;
- de la fréquence de rotation souhaitée en sortie du réducteur.

$$P_{\rm u} = M_{\rm n} \, \frac{2 \, \pi}{60}$$

Pu : Puissance utile en W

M : Couple à la sortie du réducteur en Nm (M ≠ si n >)

n : Fréquence de rotation sortie moteur en min-1

n<sub>r</sub>: Fréquence de rotation sortie réducteur en min-1

R': Rapport de réduction (on utilise souvent l'inverse R pour éviter de manipuler des nombres inférieurs à 1)

## 13.3. DÉTERMINATION DES MICROMOTEURS

(D'après CROUZET)

## ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR PAS À PAS

- TENSION D'ALIMENTATION :
  - Les tensions de sortie du convertisseur tension/fréquence sont de 12 ou de 24 V.
  - Les tensions de fonctionnement des moteurs pas à pas s'échelonnent de 1,8 à 24 V.
- L'adaptation entre la tension du moteur et la tension du convertisseur se fait par l'intermédiaire d'une résistance R<sub>s</sub> donnée par le constructeur.

#### - NOMBRE DE PAS :

13.3.1 MOTEUR PAS À PAS - II détermine l'angle de pas  $\alpha$ 24 pas  $\rightarrow \qquad \alpha = 15^{\circ}$ /pas }
48 pas  $\rightarrow \qquad \alpha = 7,5^{\circ}$ /pas }
100 pas  $\rightarrow \qquad \alpha = 3,6^{\circ}$ /pas }
200 pas  $\rightarrow \qquad \alpha = 1,8^{\circ}$ /pas }

pas à pas à aimant permanent pas à pas hybride

 $\alpha = \frac{360}{\text{nb de pas}}$   $\alpha \, (^{\circ})$ 

#### - TEMPÉRATURE AMBIANTE :

- Les moteurs pas à pas sont prévus pour fonctionner à une température ambiante de 25 °C.
- Si la température ambiante est supérieure à 25 °C, procéder à un déclassement du couple de 0,2 %/°C.

#### - COUPLES:

- Couple résiduel ou couple de détente (detent torque) :
   c'est le couple qu'il est nécessaire d'appliquer au rotor pour occasionner sa rotation moteur non alimenté (de 0,003 à 0,2 Nm)
- Couple statique ou couple de maintien (holding torque):
   c'est le couple qu'il est nécessaire d'appliquer au rotor pour occasionner sa rotation, le moteur étant alimenté deux phases à la fois (de 0,02 à 3 Nm).

#### NOMBRE DE PHASES

C'est le nombre de bobines d'un moteur pas à pas caractérisées par :

- la tension par phase U (V);
- l'Intensité par phase / (A);
- la constante de temps électrique L/R (s);

#### - FRÉQUENCE D'ARRÊT/DÉMARRAGE (START/STOP)

- C'est la fréquence maximum des impulsions de commande qui permet au moteur de démarrer, de s'arrêter ou de changer de sens de rotation sans perdre de pas.
- La Fig. 2 indique une première zone (ZONE I) dans laquelle arrêts et démarrages se font sans perte de pas et une seconde zone (ZONE II) correspondant à un entraînement maximum sans contrôle du nombre de pas.

#### REPÉRAGE DES CIRCUITS INTERNES D'UN MOTEUR PAS À PAS :

- Moteur pas à pas 2 phases :

(angle de pas :  $\alpha = 1.8^{\circ}$ ) Les résistances Rs permettent d'adapter la tension délivrée par le convertisseur à la tension moteur. Ces résistances Rs sont don-

nées par le constructeur.

- Moteur pas à pas 4 phases : (angles de pas :  $\alpha = 1.8^{\circ}$ )

Les résistances Rs permettent d'adapter la tension délivrée par le convertisseur à la tension moteur. Ces résistances sont données par le constructeur.

#### Exemple

#### - CAHIER DES CHARGES:

- Moteur pas à pas à aimant permanent 48 pas/tour (type 82 920 CROUZET) sans réducteur.
- Fréquence maximum : 500 min-1.

#### - DONNÉES CONSTRUCTEUR :

- Caractéristiques du moteur : (à 25 °C)

#### Pour U convertisseur = 24 V<sub>cc</sub> :

Nombre de phases : 2.

Résistance par phase : 10,7  $\Omega$ .

Inductance par phase : 24 mH.

Intensité par phase : 0,42 A.

Puissance absorbée : 3.8 W.

Tension par phase : 4,5 V.

Couple de maintien : 60 mNm.

Couple de détente : 12 mNm.

Résistance d'isolement : >  $10^3 M\Omega$ .

Tension d'isolement : > 600 V. Inertie du rotor : 18,8 g/cm<sup>2</sup>.

Angle de pas : 7,5°.

Masse du moteur : 210 g.

#### Résistance série $(R_s)$ : 40 $\Omega$

Température maximum

: 120 °C. du bobinage

Température de stockage

: - 40 à + 100 °C.

Rth bobinage/air ambiant: 9,3 °C/W.

- la résistance par phase  $R(\Omega)$ ;
- l'inductance par phase L (H):
- la température maximale du bobinage t° (°C).

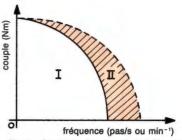
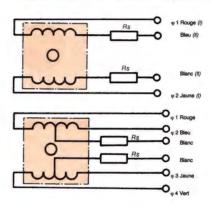


Fig. 2 - Couple en fonction de la fréquence



- Couple maximum: 15 mNm.
- Température ambiante : 30 °C maximum.
- Alimentation du convertisseur : 24 Vcc

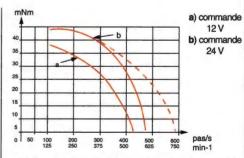


Fig. 3 - Courbes de fréquence maximum en arrêt/ démarrage (à 25 °C).

- en traits pleins : courbe limite en arrêt/démarrage.
- en traits pointillés : courbe limite d'entraînement

#### - SOLUTION:

- Couple maximum à 500 min-1 pour une commande 24 V → 20 mNm.
- Température ambiante : 30 °C.
- Déclassement → (30 25) 0,2 = 1 %
- Le couple est ramené à 19,8 mNm (supérieur aux 15 mNm nécessaires)



- Commande électronique à tension constante pour moteurs pas à pas 2 et 4 phases : U<sub>1-6</sub>: 30 V<sub>maxi</sub> I<sub>1</sub>: 1,5 A<sub>maxi</sub> I<sub>phase</sub>: 0,5 V<sub>maxi</sub> Logique: 5 V ± 10 % (NL1: 3 à 5 V. NL0: 0,5 V<sub>maxi</sub>).

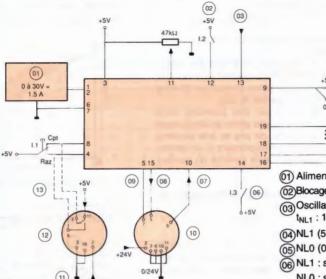


Fig. 4. - Schéma de branchement du moteur et du convertisseur associé.

(01) Alimentation.

(02)Blocage oscillateur (NL1 : par l.2)

3 Oscillateur externe :

M

tNI 1: 10 µs mini

(04)NL1 (5 V) : phases alimentées

05)NL0 (0 V) : phases non alimentées

06 NL1 : sens anti-horaire. NLO: sens horaire (I.3)

(07) (08) Entrée-Sortie du compteur

(09) Remise à zéro

(10)Compteur

(11)Option minuterie

12 Minuterie

(13) I.1 non branché si l'option minuterie est choisie

> Entrée 2-3

microprocesseur ou automate.

Commande électronique à tension constante pour moteurs hybrides 4 phases : V<sub>cc max</sub> d'alimentation : 50 V. I<sub>max</sub> par phase : 3 A.

Logique: 5 V ± 10 % (NL1 = 3 à 5 V • NL0 = 0,5 V<sub>maxi</sub>)

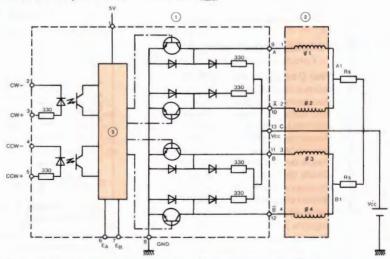


Fig. 5 - Schéma de branchement un moteur et du convertisseur associé.

	Fonctionnement	EA	EB	Sens
<ol> <li>Limite de la carte électronique.</li> </ol>	1 phase à la fois	1	0	horaire
(2) Moteur 4 phases	2 phases à la fois	0	1	anti-horaire
(0) 511-1-	Altaura att come and			Las impudais

(fonctionnement en 1/2 pas)

Les impulsions recues en 2-3 Alternativement (3) Pilotage 1 phase - 2 phases ou en 4-5 sont envoyées par

MOTEUR

PAS À PAS

#### ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR À COURANT CONTINU

- CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT :

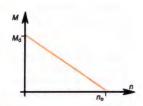


Fig. 6 – Courbe mécanique M = f(n)

M : couple moteur (Nm)
M<sub>d</sub> : couple de démarrage

(Nm)

n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)

n<sub>o</sub> : fréquence de rotation à vide (min<sup>-1</sup>)

La caractéristique  $M=f\left(n\right)$  est linéaire. Elle dépend de la tension d'alimentation du moteur.

Si  $U' = k_U$ . U alimentation:

$$(0.75 \ U \le U' \le 1.5 \ U)$$
  
 $\rightarrow M'_{d} = k_{u} \cdot M_{d}$ 

$$\rightarrow n'_{o} = k_{u} \cdot n_{o}$$

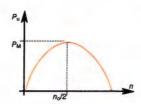


Fig. 7 – Courbe mécanique P<sub>u</sub> = f(n)

Pu : puissance utile (W)

P<sub>M</sub>: puissance utile maximale (W)

n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)

no : fréquence de rotation à

vide (min<sup>-1</sup>)

$$P_{\rm u}=M\,\frac{2\,\pi\,n}{60}$$

Si  $U' = k_u$ . U alimentation :

$$(0,75\ U \le U' \le 1,5\ U)$$

$$\rightarrow n'_0 = k_u \cdot n_0$$

$$\rightarrow P'_{\mathsf{u}} = k_{\mathsf{u}}^2 \, P_{\mathsf{u}}$$

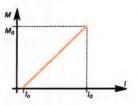


Fig. 8 – Courbe electromécanique M = f(i)

M: couple moteur (Nm)

M<sub>d</sub>: couple de démarrage
(Nm)

: courant (A)

Id: courant de démarrage (A)

lo : courant à vide (A)

$$M = k_{\rm M} (I - I_{\rm O}) - M_{\rm f}$$

M<sub>f</sub>: couple de frottement en rotation (Nm)

k<sub>M</sub>: constante de couple (Nm/A)

Cette caractéristique ne dépend pas de l'alimentation du moteur.

13.3.2. MOTEUR À COURANT CONTINU

#### - ÉCHAUFFEMENT :

Le point nominal de fonctionnement ne doit pas entraîner un échauffement maximal qui, ajouté à la température ambiante de 20 °C, n'excède pas 150 °C.

- MOTORÉDUCTEUR : (§ 13.2. Fig. 1)

- Déterminé à partir de la fréquence de rotation souhaitée en sortie de réducteur.

$$R' = n_r/n_b$$

 $n_{\rm r}$  : fréquence de rotation en sortie de réducteur (min<sup>-1</sup>)

 $n_{\rm b}$ : fréquence de rotation de base du moteur (min<sup>-1</sup>)

- Déterminé à partir de la puissance utile souhaitée en sortie de moteur :

$$n = \frac{1}{2} \left( n_0 + \sqrt{n_0^2 - \frac{4P_u}{A}} \right) \text{ avec } A = \frac{M_d \cdot n}{30 \cdot n_0}$$

n : fréquence de rotation moteur (min-1)

n<sub>o</sub>: fréquence de rotation à vide moteur (min<sup>-1</sup>)

Pu : puissance utile moteur souhaitée (W)

M<sub>d</sub>: couple de démarrage du moteur (Nm)

 $R' = \frac{n_{\rm r}}{n}$ 

n<sub>r</sub>: fréquence de rotation en sortie de réducteur (min<sup>-1</sup>)

n: fréquence de rotation du moteur (min-1)

#### Exemple:

#### - CAHIER DES CHARGES :

Moteur à courant continu (type 82810 CROUZET).

Fréquence de rotation de la charge : 52 min-1.

Couple résistant : 500 mNm.

Couple de démarrage : 2 000 mNm.

Température ambiante : 20 °C.

Alimentation: 24 Vcc.

#### - DONNÉES CONSTRUCTEURS Caractéristiques à vide du moteur : Caractéristiques générales : Tension nominale.....(V) Tension nominale......(V) | 12 | 24 | 48 12 1 Puissance utile maximum..... (W) 10.3 Fréquence de rotation ....(min-1) 3 100 Couple de démarrage......(mNm) 127 Puissance absorbée .....(W) 3.7 | 3.6 3,6 Courant absorbé ......(A) 0.31 0.15 0.076 Courant de démarrage .....(A) 3.84 Résistance....( $\Omega$ ) 3.1 Caractéristiques nominales du moteur : Self .....(mH) 2.5 Constante de couple......(Nm/A) 0.036 0.0785 Fréquence de rotation ....(min-1) 2 000 Constante de temps élect....(ms) 0.8 Couple .....(mNm) 41.5 39.4 Constante de temps méca....(ms) 19 Puissance utile.....(W) 9.4 8.7 8.2 Constante de temps therm...(min) 10 Puissance absorbée .....(W) 18.6 12.7 13 80 Inertie.....(g/cm<sup>2</sup>) Courant absorbé .....(A) 1,55 0.53 0,27 Masse .....(g) Échauffement boîtier .....(°C) 60 40 45 Durée de vie .....(h) Rendement.....(%) 50 68 63 Masse du réducteur .....(g) Rotation de base n<sub>b</sub>.....(min-1) 2 600 Courbes caractéristiques : MOTEUR À COURANT CONTINU (mNm) 120 40 3000 Fig. 9 - Courbes M<sub>(n)</sub> du Fig. 10 - Courbes M(I) du Fig. 11 - Courbes n(M) du moteur seul moteur seul motoréducteur. SOLUTION . Choix du rapport du réducteur (§ 13.2. Fig. 1) $R' = n_r/n_b \rightarrow R = 1/R' = 2600/52 = 50$ La courbe (Fig. 11): autorise le démarrage ( $M_d$ maxi > $M_d$ ) et donne le point de fonctionnement (52 min<sup>-1</sup> - 500 mNm) dans la plage d'utilisation du motoréducteur. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR ASYNCHRONE - CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT : Md

#### 13.3.3 MOTFUR **ASYNCHRONE**

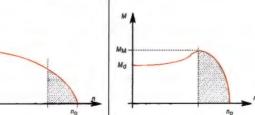


Fig. 12 - Courbes M<sub>(n)</sub> pour un moteur couple

M : couple moteur (Nm) M<sub>d</sub>: couple de démarrage (Nm) n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)

no : fréquence de rotation à vide  $(min^{-1})$ 

La partie hachurée représente la zone de stabilité

Fig. 13 - Courbes M<sub>(I)</sub> pour un moteur standard.

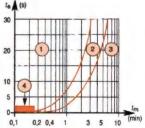
M: couple moteur (NM) M<sub>d</sub>: couple de démarrage (Nm)

M<sub>M</sub>: couple maximum (Nm) n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)

no : fréquence de rotation à vide

 $(min^{-1})$ 

La partie hachurée représente la zone de stabilité.



48

9

111

0.84

57.1

43.5

0.144

0.76

20

10

72

24

9.5

117

1.64

14.6

10.7

0.73

17

10

72

300

3 000

400

Fig. 14 - Facteur de marche  $U = 230 \text{ V}, t_a = 20^{\circ}\text{C}$ 

ta : temps d'arrêt (s)

t<sub>m</sub>: temps de marche (min)

- 1 Zone de fonctionnement possible Zone de fonctionnement limité
- Zone de fonctionnement interdite
- (4) Zone de fonctionnement pour un facteur de marche de 50 % cycles courts (< 10 s).

#### - MOTORÉDUCTEUR :

- Déterminé à partir du couple et de la fréquence de rotation en sortie de réducteur.
- La puissance utile  $Pu = M \Omega$  ne peut pas dépasser la valeur maximum. Si  $\Omega \searrow M \checkmark$ .

#### Exemple

#### - CAHIER DES CHARGES :

Moteur asynchrone (type 82640 CROUZET)
Fréquence de rotation de la charge : 5,2 min<sup>-1</sup>

Couple résistant : 4 Nm Couple de démarrage : 5 Nm Alimentation : 230 V 50 Hz.

#### - DONNÉES CONSTRUCTEUR :

Caractéristiques du moteur : Tension nominale.....(V) 230 50 Fréquence....(Hz) Fréquence de rotation à vide .....(min-1) 2 850 Rotation de base  $n_b$  .....(min<sup>-1</sup>) 2 600 Puissance absorbée .....(W) 30 Puissance utile à 2000 min-1 .....(W) 6.7 Couple de démarrage.....(mNm) 23 Facteur de puissance .....( $\cos \varphi$ ) 0.61 Échauffement .....(°C) 75 Ambiance ......(°C) - 5 à + 60

Caractéristiques avec réducteur :
Puissance absorbée ......(W) 27
Masse motoréducteur .....(g) 1700

Masse.....(g)

#### - SOLUTION:

Choix du rapport du réducteur (§ 13.2. Fig. 1)  $R' = n_r/n_b \rightarrow R = 1/R' = 2 600/5, 2 = 500$  La courbe (Fig. 16) autorise le démarrage ( $M_d$  maxi >  $M_d$ ) et donne le point de fonctionnement (5,2 min<sup>-1</sup> – 4 Nm) dans la plage d'utilisation du motoréducteur.

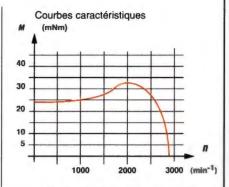


Fig. 15 - Courbe M<sub>(n)</sub> du moteur seui.

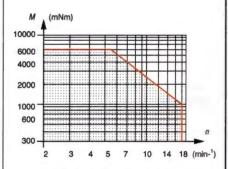


Fig. 16 - Courbe M<sub>(n)</sub> du motoréducteur.

#### ÉLÉMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR SYNCHRONE.

980

#### - FRÉQUENCE DE ROTATION (n):

 $n = 60 \frac{f}{p}$ 

 n: fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>) (indépendante de la charge pour une fréquence donnée)

f: fréquence (Hz)

p: nombre de paires de pôles.

Avantages: démarrages très courts. Arrêts instantanés.

#### - SENS DE ROTATION:

Il est défini par construction pour les moteurs un seul sens. Pour les moteurs deux sens, utilisation de condensateurs.

#### - COUPLE (M):

13.3.4.

MOTEUR

SYNCHRONE

M<sub>d</sub>: couple de décrochage (Nm).

(Couple résistant qui fait perdre le synchronisme.)

Ma: couple d'accrochage (Nm).

(Couple développé au démarrage et à la vitesse de synchronisme.)

n<sub>s</sub>: vitesse de synchronisme (min<sup>-1</sup>).

#### - MOTORÉDUCTEUR :

Choix identique au motoréducteur (§ 13.3.3).

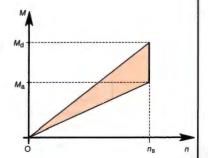
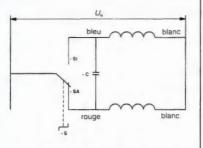


Fig. 17 - Courbe M<sub>(n)</sub> d'un moteur synchrone.

#### RACCORDEMENT DES MOTEURS SYNCHRONES



SA : sens de rotation des aiguilles d'une

S1: sens de rotation inverse.

C : condensateur assurant la formation d'un champ tournant circulaire.

Fig. 18 - Schéma de branchement.

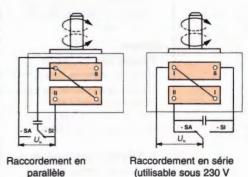


Fig. 19 - Schémas de raccordement.

seulement)

(le plus utilisé)

#### Exemple

#### - CAHIER DES CHARGES :

Moteur synchrone ferrite 2 sens de marche (type 82470 CROUZET).

Fréquence maximum : 1,2 min<sup>-1</sup> Couple maximum : 1 Nm Alimentation : 48 V 50 Hz

#### - DONNÉES CONSTRUCTEUR :

## Caractéristiques du moteur :

Frequence de rotation(min <sup>-1</sup> )	600
Fréquence(Hz)	50
Puissance absorbée(W)	4,5
Puissance utile(W)	0,54
Couple d'accrochage Ma(mNm)	9
Couple de décrochage M <sub>d</sub> (mNm)	12
Température ambiante(°C)	-5 à 60
Échauffement(°C)	55
Inertie pouvant être accrochée (g/cm²)	4,25
Nombre de démarrages	illimité
Résistance d'isolement(MΩ)	$7,5 \cdot 10^3$
Tension disruptive (50 Hz)(V)	2 400
Masse du moteur(g)	170
Condensateur pour 48 V 50 Hz	2,2 μF 150 V
Autres tensions de fonctionnement(V)	12, 24, 48,
	115, 127, 240
Masse du réducteur(g)	750



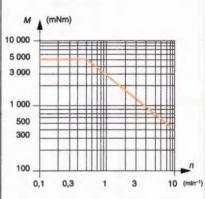


Fig. 20 - Courbe M<sub>(n)</sub> du motoréducteur.

#### - ALIMENTATION:

#### Caractéristiques principales de l'onduleur CROUZET :

Tension d'alimentation : 24 à 48 V<sub>cc</sub>.

Tension de sortie de même amplitude que la tension d'alimentation.

Signaux rectangulaires à 50 Hz ± 3 % à vide ou en charge.

Puissance de sortie: 10 VA.

Température d'utilisation : - 10 à + 50 °C.

Protection assurée contre les inversions de polarité.

#### - SOLUTION:

Choix du rapport de réduction (§ 13.2. Fig. 1)

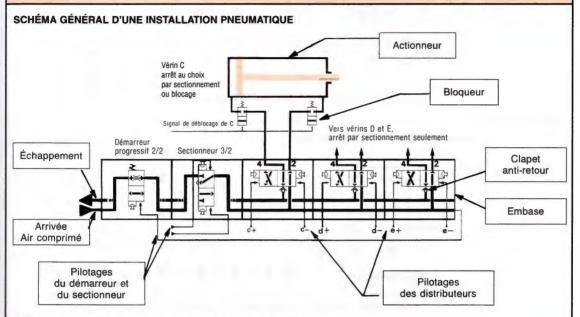
 $R' = n_r/n_0 \rightarrow R = 1/R' = 600/1,2 = 500$ 

Le point de fonctionnement (1,2 min<sup>-1</sup> - 1 Nm) se situe dans la plage d'utilisation du motoréducteur.

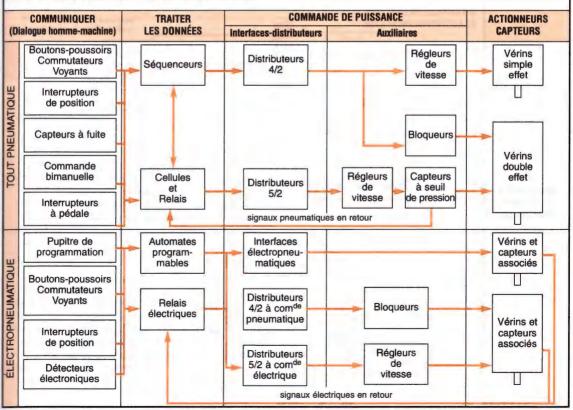
MOTEUR SYNCHRONE

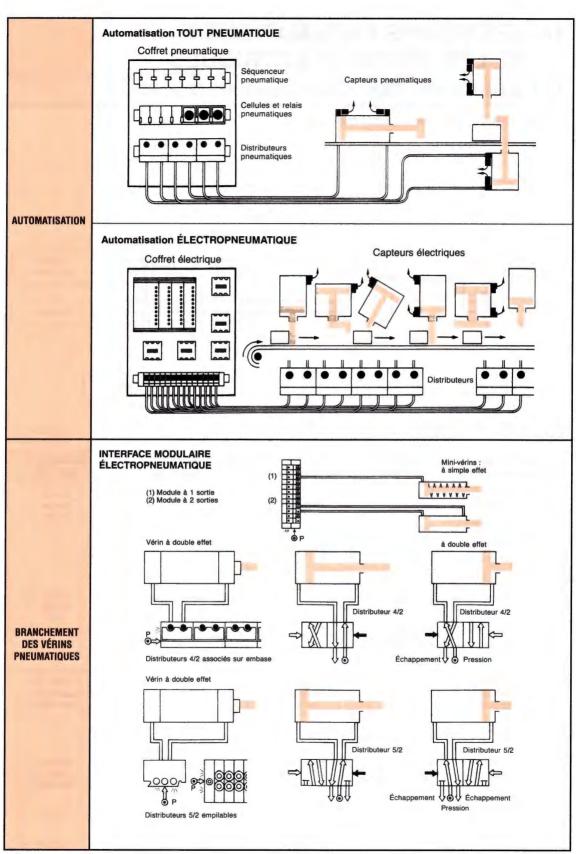
## 14. LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES

## 14.1. STRUCTURE GÉNÉRALE D'UNE INSTALLATION



## ÉTUDE COMPARATIVE D'UNE INSTALLATION TOUT PNEUMATIQUE ET D'UNE INSTALLATION ÉLECTROPNEUMATIQUE





## 14.2. DÉTERMINATION D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

## 14.2.1. DÉMARCHE

#### **DEUX COTES DÉTERMINENT LE VÉRIN:**

- La course C.
- Le diamètre D.

#### **DÉTERMINATION DE LA COURSE**

- Elle est fonction de la longueur du déplacement.
- On peut soit :
  - faire buter sur les 2 fonds du vérin ;
- limiter extérieurement la course, à une extrémité ou aux deux extrémités :
  - soit par le travail à réaliser (serrage, marquage...);
  - soit par une butée fixe :
  - soit par une butée réglable.

#### **DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE**

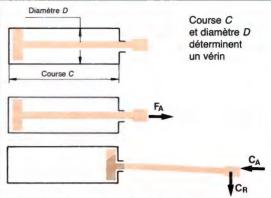
- Le diamètre (D) du vérin dépend de l'effort théorique axial
   (F<sub>A</sub>) développé et de la pression (P) d'alimentation.
- Pendant le déplacement, le vérin ne peut développer qu'une partie de cet effort (un taux de charge permet de calculer l'effort dynamique réellement développé).
- Du diamètre nominal du vérin résultent :
  - l'aptitude des guidages à supporter une charge radiale  $(C_B)$ ;
  - l'aptitude de la tige à résister au flambage et à la flexion :
- les capacités d'amortissement du vérin.
- Charges pratiques Taux de charge :
- En cours de déplacement, l'effort de poussée est toujours inférieur à la poussée théorique, on utilise un taux de charge (f) défini par :

taux de charge = 
$$\frac{\text{charge pratique}}{\text{poussée théorique}} = t = \frac{C}{P.S} \le 1$$

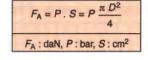
- t choisi dépend :
  - des frottements internes au vérin (de 0,05 à 0,1); des poussées développées, selon les diamètres et selon la lubrification;
  - de la contre-pression d'échappement nécessaire à l'obtention d'un mouvement régulier à vitesse contrôlée.
- Charge dynamique Charge statique :
  - Charge dynamique au long de la course :
     C'est le cas le plus général (vérins de transfert, soulevant
  - une charge, actionnant un mécanisme, etc.)  $t \approx 0.6$ .
  - Charge statique en fin de course seulement : Vérins destinés à appliquer une force statique en fin de course
    - (vérins de serrage, de marquage, de bridage, etc.)  $t \simeq 1$ .

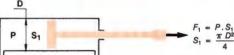
#### DÉTERMINATION DES VÉRINS EN FONCTION DE LA CHARGE RADIALE ET DE LA DURÉE DE VIE

- L'action de la charge radiale sur les guidages d'un vérin est souvent inévitable et elle est due :
- au poids d'un outillage déplacé par la tige ;
- au poids du vérin monté en oscillant arrière.
- Durée de vie des joints :
- seule la distance parcourue par les joints provoque leur usure.



Exemple d'effort  $(F_A)$  et de sollicitations  $(C_A \text{ et } C_R)$  pour un vérin fixe.





Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre arrière.



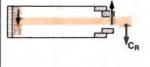
Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre avant.



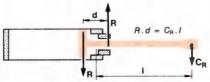
Vérin utilisé en dynamique :  $t \approx 0,6$ .



Vérin utilisé en statique :  $t \approx 1$ .



Actions sur les guidages d'un vérin : face à une charge radiale  $C_{\rm R}$  appliquée à la tige, les actions R sur les guidages deviennent importantes en position tige sortie ».



### 14.2.2. DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

(D'après ASCO-JOUCOMATIC)

#### EFFORT DYNAMIQUE DÉVELOPPÉ PAR UN VÉRIN

F = Pression × Surface du piston × Rendement

Le rendement d'un vérin dépend du diamètre du vérin, de la pression et de paramètres d'ordre mécanique.

Les abaques et tableaux ci-dessous définissent les efforts dynamiques développés par les vérins en sortie et rentrée de tige, en fonction de la pression d'alimentation.

#### TAUX DE CHARGE

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la charge réelle à déplacer par le vérin et l'effort dynamique disponible en bout de tige.

Taux de charge (en %) = 
$$\frac{\text{Charge réelle}}{\text{Effort dynamique}} \times 100$$

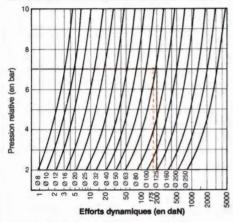
Pour une utilisation optimale du vérin, il est recommandé de définir un vérin tel que le taux de charge soit inférieur ou égal à 75 %. **Exemple**: Définition d'un vérin pour soulever une charge de 130 daN à une pression de 7 bars relatifs (manométriques).

Effort dynamique théorique = 
$$\frac{\text{charge réelle}}{\text{taux de charge}} = \frac{130}{0.75} = 175 \text{ daN}$$

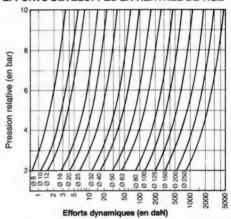
Dans l'abaque « sortie de tige », définir le point de rencontre entre l'effort dynamique ainsi calculé et la pression d'alimentation. Le diamètre du vérin nécessaire sera celui dont la courbe passe par ce point ou celui développant un effort immédiatement supérieur. Dans l'exemple cité : 175 daN est situé entre le Ø 50 et le Ø 63 mm. Le vérin recommandé est le Ø 63 mm qui développe 200 daN à 7 bars et le taux de charge réel est de :

 $\frac{130 \text{ daN}}{200 \text{ daN}} \times 100 = 65 \%$ 

#### EFFORTS DÉVELOPPÉS EN SORTIE DE TIGE



#### EFFORTS DÉVELOPPÉS EN RENTRÉE DE TIGE

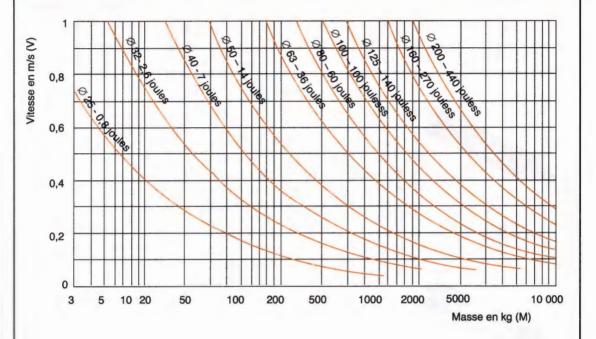


#### **FFFORTS DÉVEL OPPÉS PAR LES VÉRINS**

Ø	Ø	Section	du piston		Efforts dyn	amiques de	veloppés,	en daN, en	fonction d	e la pressi	on d'alimer	ntation (bar	)
Vérin	Tige	(cr	n <sup>2</sup> )		2		4		6		В	1	0
(mm)	(mm)	•	0	•	0	•	0	•	0	•	0	•	0
8	4	0,5	0,4	0,8	0,3	1,7	1,3	2,7	2	3,6	2,7	4,6	3,4
10	4	0,8	0,6	1,4	1,1	2,6	2,3	4,2	3,4	5,7	4,6	7,5	6
12	6	1,1	0,8	2,2	1,5	4,1	3,1	6	4,4	8,5	6,2	10,5	8
16	6	2	1,7	3,4	2,8	7,5	6	10	9,2	15	12	19	15
20	10	3,1	2,3	5,5	4,2	12	9	16	13,5	23	18	30	22
25	12	4,9	3,8	8,5	6,5	18	14	27	22	38	29	48	36
32	12	8	6,9	13	11,5	30	25	46	40	62	52	77	66
40	18	12,6	10	21	17	46	37	70	57	95	77	122	97
50	18	19,6	17	33	29	70	62	110	97	150	130	190	165
63	22	31,2	27,4	50	44	110	97	170	150	230	200	290	260
80	22	50,3	46,5	88	82	185	170	285	262	385	360	480	450
100	30	78,5	71,5	135	125	290	260	440	400	600	550	750	675
125	30	123	115,7	210	200	460	420	700	650	925	875	1 150	1 100
160	40	201	188	350	320	750	700	1 150	1 100	1 550	1 500	1 900	1 800
200	40	314	301	550	530	1 150	1 100	1 800	1 700	2 400	2 300	3 000	2 900
250	50	491	471	825	800	1 800	1 700	2 800	2 750	3 700	3 600	4 800	4 500

● Efforts développés en sortie de tige (côté fond) ○ Efforts développés en rentrée de tige (côté tige)
Note: Les vérins à double tige traversante développent des efforts identiques dans les deux sens de fonctionnement correspondant aux valeurs définies ci-dessus en rentrée de tige

## 14.2.3. AMORTISSEMENT D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE



- Les courbes font correspondre à chaque diamètre de vérin (∅) l'énergie (E) maximale en joules qu'il est possible d'amortir.
- Les courbes permettent, pour ces conditions d'amortissement, de définir la vitesse maximale de déplacement (V) pour un diamètre (Ø) de vérin donné et pour une masse (M) à déplacer sans avoir à calculer l'énergie cinétique.
- Les courbes donnent la vitesse (V) tout au long de la course du vérin.

DIAMÈTRE D'ALÉSAGE						COUR	SE (mm	) TOLÉR	ANCES +	ð				
DU VÉRIN (mm)	25	50	75*	100	125	150*	200	250	300*	400	500	600	800	1 000
25	•	•	•	•	•	•	•	•						
32	•	•	•	•	•	•	•	•		100				
40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
50	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
63	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
80		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
100			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
125				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
160					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
200					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

<sup>\*</sup> Ces courses ne sont pas reprises dans la norme NFE 48-059.

# 14.2.5. GUIDE DE CHOIX D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE Fluide de com- Pression d'uti-**APTITUDES** Diamètre Diamètre Course Température de de l'alésage lisation admisfonctionnement de la tige mande admissible sible

	TYPE	mm	mm	wm	V	bar	°C
DOUBLE EFFET	VÉRIN STANDARD À TIRANTS AFFLEURANTS	32 40 50 63 80 100 125 ISO 125 CETOP 160 200 250	10 × 1,25 12 × 1,25 16 × 1,5 16 × 1,5 20 × 1,5 20 × 1,5 27 × 2 24 × 2 36 × 2 36 × 2 42 × 2	50 à 250 50 à 400 50 à 400 50 à 600 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 à la demande	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 10 à + 70
VÉRINS À TIRANTS DOUBLE EFFET	VÉRIN STANDARD À TIRANTS DÉPASSANTS	25 32 40 50 63 80 100 125 160 200	10 × 1,5 10 × 1,5 16 × 1,5 16 × 1,5 20 × 1,5 20 × 1,5 27 × 2 27 × 2 36 × 2 36 × 2	50 à 250 50 à 250 50 à 400 50 à 400 50 à 600 50 à 600 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	– 10 à + 70
VÉRINS CYLINDRIQUES SANS TIRANTS D'ASSEMBLAGE		simple effet 8 10 12 16 20 25 double effet 8 10 12 16 20 25	4 6 6 10 10 4 4 6 6 10	25-50 25-50 25-50 25-50 25-50 25-50 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100	air ou gaz neutre filtré,	simple effet 2 à 10 double effet 10 maxi	– 10 à + 70
VÉRINS CYLINDRIQUES SAN		simple effet 32 40 50 63 double effet 32 40 50 63	12 18 18 22 12 18 18 18 22	25-50 25-50 25-50 25-50 25-50 25 à 250 25 à 400 25 à 400 25 à 500	lubrifié ou non	simple effet 2 à 10 double effet 10 maxi	

			- 5	1/21, 1511		(D'après ASCO-JOUCOMATIC)				
Amortissement	Raccordement	Efforts dy dével	namiques oppés	Normalisation	Symbole	_				
		Sortie de tige	Rentrée de tige							
<b>\</b>	<b>\</b>	₩ ₩		*	<b>*</b>	Remarques – Utilisations				
possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4	13 à 77 21-122 33-190 50-290 88-480 135-750 210-1 150 210-1 150 350-1 900 550-3 000 825-4 800	11,5 à 66 17-97 29-165 44-260 82-450 125-675 200-1 100 200-1 100 320-1 800 530-2 900	ISO CETOP RP 43	double effet	Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques de position. Fixations diverses. Tube : acier étiré glacé ou chromé dur. Tige : acier chromé dur. Piston : résine acétal et acier zingué ou alliage léger. Joint de piston : polyuréthane ou nitrile. Joint d'amortissement : nitrile. Fonds : alliage léger. Palier : autolubrifiant. Tirants : aciers.				
possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8 G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 3/8 G 1/2 G 1/2 G 3/4 G 3/4	8,5 à 48 13 à 77 21-122 33-190 50-290 88-480 135-750 210-1 150 350-1 900 550-3 000	320-1 800	CNOMO 06 à 15 AFNOR NFE 49-001 49-002 49-011 49-015	double effet avec amortisse- ment pneumatique réglable	Longueurs d'amortissement :				
amortissement élastique amortissement élastique	M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 M 5 M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8	0,8 à 4,6 1,4-7,6 2,2-10,5 3,4-19 5,5-30 8,5-48	0,3 à 3,4 1,1-6 1,5-8 2,8-15 4,2-22 6,5-36	ISO 6432 CETOP AFNOR NFE 49-030	simple effet SER simple effet SES double effet amortisseur élastique	Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques. Tube : acier (sans détecteur). Tube : amagnétique (avec détecteur) Tige : inox. Fonds : alliage léger anodisé. Piston : résine et alliage léger Joints : polyuréthane ou nitrile Vérins indémontables. Fixations diverses.				
amortissement élastique amortissement élastique et pneumatique réglable	G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8 G 1/8 G 1/4 G 1/4 G 3/8	13 à 77 21-122 33-190 50-290	11,5 à 66 17-97 29-165 44-260	ISO 6431 CETOP	simple effet SER  double effet amortisseur élastique  double effet amortisseur réglable élastique ou pneumatique					

_	APTITUDES	Diamètre de l'alésage	Diamètre de la tige	Cou	irse	Fluide de com- mande	Pression d'uti- lisation admis- sible	Température de fonctionnement admissible	
	TYPE	<b>+</b>	<u> </u>				V bar	°C	
	simple effet VÉRINS FILETÉS	6 10 16	M 3 M 4 M 5		<b>m</b> 0-5	air ou	3 à 7		
	double effet	6 10 16	M 3 M 4 M 5	5-10	0-15	gaz neutre lubrifié ou non	1,5 à 7	+5à+60	
VÉRINS SPÉCIAUX	VÉRINS FILETÉS  VÉRINS À FAIBLE COURSE	8 10 12 16 20 25 32 40 50 63 80	4 4 8 10 10 12 12 16 16 20	s. effet 4 4-10 4-10 5-10 5-10-25 10-25 10-25 25	d. effet 10 10 10 10-25 10-25 10-25 10-25 10-25 25	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi (simple effet = 2 mini)	- 10 à + 60	
	20	12 20	6 8	90°	ution ± 5° ou ' ± 5°	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	1 à 7	+5à+60	
	VÉRINS ROTATIFS  VÉRINS SANS TIGE	chariot non guidé 10 16 25 chariot guidé 10 16 25		50 à 50 à 50 à 50 à	1 500 1 000 2000 1 500 1 750 1 500	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	7 maxi	0 à + 60	

					(D'après ASCO-JOUCOMATIC)
Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés  Sortie Rentrée de tige de tige	Normalisation	Symbole	Remarques – Utilisations
	canule 2,7 × 4	daN		-[[	Vérins compacts avec orifices d'alimentation sur la face amère Grande facilité d'adaptation su tous supports par trous lisses ou taraudés. Possibilité de réglage axial de la position du corps par rappor au support. Corps en laiton nickelé. Tige en acier inox. Joint en nitrile (NBR).
	M 5 M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8	à 6 bars  simple effet de 2,5   de 0,3 à 251   à 11,5  double effet de 2,7   de 2 à 285   à 255		simple effet	Fixation frontale ou arrière.     Extrémité de tige taraudée.     Bague de guidage autolubrifiante     Adaptation de mini détecteurs de position.     Construction compacte.     Temps de réponse rapide.     Fonctions de serrage, blocage éjection.     Positionnement, indexage, verrouillage de pièces dans toutes les applications industrielles.     Corps en alliage léger anodisé     Tige en acier inox (∅ 8 à 16 mm)     Tige en acier chromé     (∅ 20 à 80 mm).     Joints en nitrile (NBR).
	М 5	énergie cinétique maximum : Ø 12 : 0,4 J Ø 20 : 1 J  couple développé : Ø 12 : 0,3 Nm Ø 20 : 1,5 Nm		<b>=</b>	<ul> <li>Deux versions: <ul> <li>simple tige,</li> <li>double tige traversante.</li> </ul> </li> <li>Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques dans les rainures des vérins.</li> <li>Corps aluminium.</li> <li>Tige en acier.</li> <li>Butée en acier.</li> <li>Joints en nitrile (NBR).</li> </ul>
chariot non guidé : amortissement élastique par butée nitrile chariot guidé : amortis- sement élas- tique ou absor- beur de chocs.	M 5 M 5 G 1/8 M 5 M 5 G 1/8	force de l'accou- plem <sup>t</sup> magné- tique 60 N 160 N 460 N 60 N 160 N 460 N			Vérins recommandés pour les mouvements à grande course. Guidage intégré ou non. Utilisés pour tous les déplacements, manutention, positionnement, ouverture de portes, équipements divers. Longue durée de vie. Débrayable (entraînement paraimants). Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques.

-	APTITUDES	Diamètre de l'alésage	Diamètre de la tige	Course	Fluide de com- mande	Pression d'uti- lisation admis- sible	Température de fonctionnement admissible
	TYPE	₩ mm	mm	mm mm	1	V bar	°C
	VÉRINS ISOCLAIR À GUIDAGE À BILLES	12 16 20 25 32 40	6 8 10 13 13 16	25 à 100 25 à 100 25 à 100 25 à 160 25 à 250 25 à 250	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	Ø 12-16: 1 à 7 Ø 20-40: 1 à 10	+5à+60
E LINEAIRE	VÉRINS À GUIDAGE À PALIERS LISSES OU À BILLES	16 20 25 32	8 10 12 16	10 à 100 10 à 100 10 à 100 10 à 160	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
ONNEURS PNEUMATIQUES A GUIDAGE LINEAIRE	MICRO-TABLES DE TRANSLATION	6 10		10 - 20 - 30 10 - 20 - 30	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
ACTIONNEUR	TABLES DE TRANSLATION À GUIDAGE À BILLES	10 16 25	4 6 10	15 à 60 15 à 60 30 à 100	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60
	UNITÉS DE TRANSLATION À GUIDAGE À BILLES COMMANDÉES PAR VÉRIN	10 16 20 25	6 8 10 16	25 à 100 25 à 200 25 à 200 25 à 200	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés  Sortie Rentrée de tige de tige	Normalisation	Symbole	EALTH SERVICE FLAT
Ø 12-16 : non amorti Ø 20 à 40 : amor- tissement pneu- matique réglable	M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4	daN		<b>%</b>	Remarques – Utilisations  - Caractéristiques identiques aux vérins ISOCLAIR.  - Tige cannelée rectifiée et traitée haute dureté.  - Guidage précis et compactintégré dans le nez du vérin.  - Prévus pour détecteurs magnétiques.
Amortissement élastique	M 5 M 5 M 5 G 1/8	3,4 à 26,4 2,5 à 18,6 5,6 à 40,8 4,3 à 32,3 8,5 à 66,6 6,5 à 50,4 13,1 à 109 10 à 79,5 en fonction de la pression d'alimentation			<ul> <li>Vérins à double piston à paliers lisses ou paliers à billes.</li> <li>Grande précision.</li> <li>Corps, plaque avant, palier de tiges, fond arrière, support alliage d'aluminium.</li> <li>Tige de vérin : acier chromé dur.</li> <li>Piston résine acétal (POM).</li> <li>Joint : polyuréthanne et nitrile.</li> <li>Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) ou électronique.</li> </ul>
Non amorti	M 3 M 3	(N) 5,6 à 19,8   4,2 à 14,8 15,7 à 55,9   13,2 à 46,2 en fonction de la pression d'alimentation			- Guidage linéaire à deux rangées de billes Corps, table : alliage d'aluminium Guidage : acier inoxydable Palier de tige : alu antifriction Piston : laiton Tige : acier inoxydable Joint : nitrile (N3R) Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) avec LED de visualisation.
Non amorti ou avec absorbeurs de chocs M 5 M 5		Efforts de poussée (N) en fonction de la pression 13 à 66 35 à 172 82 à 412			Corps, table, palier de tige, fond de vérin, piston : alliage d'aluminium.     Guidage linéaire, palier de guidage : acier inoxydable.     Joint : nitrile (NBR).     Segment porteur : résine acétal.     Coussinet : métal fritté.     Possibilité de montage de détecteurs magnétiques de position.
Amortissement par absorbeurs de chocs	Bride Chariot M 5 M 5 G 1/8 G 1/8	Chariot mobile   fixe 15 7 40 20 70 25 100   50 charge maxi (N)			- Deux versions proposées: - chariot mobile chariot fixe Montés avec absorbeurs de chocs - Limiteur de course réglable Bride, piston, corps du chariot en alliage d'aluminium Joint: nitrile (NBR) Robustes et performants Possibilité de montage de détecteurs magnétiques.

## 14.3. LES DISTRIBUTEURS ET LES ÉLECTROVANNES

(D'après ASCO-JOUCOMATIC)

## 14.3.1. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES DISTRIBUTEURS









Distributeur à tiroir 3/2

Distributeur à clapets 3/2

Distributeur associable 5/2, 5/3

Mini-distributeur à commande pneumatique 3/2, 5/2, 5/3

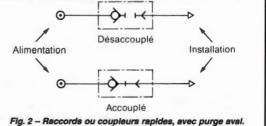
us	Commande		Fonct	ion <sup>(1)</sup>	Techn	ologie		Corps		ou-			R	acc	orde	men	Ø	G			u l	
Orifices/positions	Pneumatique	81	NF	NO	À clapets	À tiroir	À applique	Taraudés	Ø 4 ext.	Ø 6 - Ø 8 ext.	M3	MS	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1,0	1 1/14	1 1/2	Туре	Série
	•		•		•		•	•					•									520
	•		•	•		•		•						•								551
3/2	•		•	•	•		•							•	•						DM (3/2)	261-262
	•		•	•	•			•							•	•	•	•	•	•	DH	284-285-286
	•		•	•	•		•									•		•		•	DP (3/2)	266-267-268
	•				•			•		•			•	•								263-264
4/2	•				•			•						•	•						DM (4/2)	261-262
	•							•								•		•		•	DP (4/2)	266-267-268
	•					•	•	•	•	•		•	•	•								519-520-521
	•					•				•											MEGA	578
	•					•		•														551
	•					•	•			•			•									540
5/2	•					•	•	VDMA G02-G31					•	•								538-539
	•					•	•	(ISO1)						•	•							541/PH
	•					•	•	(ISO2)							•	•						542 /PH
	•					•	•	(ISO3)								•	•					543
	•					•	•	(ISO4)									•	•				544
	•					•	•	•	•	•			•	•								520-521
	•					•				•											MEGA	578
	•					•	•	VDMA G02-G01					•	•								538-539
5/3	•					•	•	(ISO1)						•	•							541/PH
	•					•	•	(ISO2)							•	•						542/PH
	•					•	•	(ISO3)								•	•					543
	•					•	•	(ISO4)									•	•				544

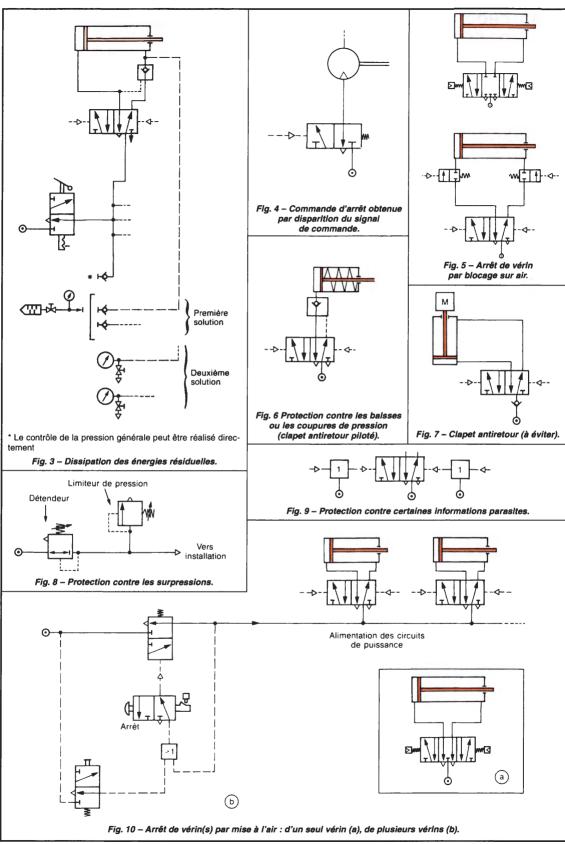
<sup>(1)</sup> NF: Normalement Fermé à l'état repos, hors pression.

NO: Normalement Ouvert à l'état repos, hors pression.

#### 14.3.2. CHOIX DES DISTRIBUTEURS EN FONCTION DES ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ (COMMANDE DE VÉRINS) (D'après INRS) Type de distributeurs considéré Distributeur 5/3 Distributeur 5/2 Distributeur 5/3 Distributeur 5/2 à commande à rappel à rappel à rappel des deux côtés par ressorts nar ressorts nar ressort centre fermé centre ouvert Éléments relatifs à la sécurité pris en compte Mise hors énergie des Permet une mise à l'air libre Permet une mise à l'air libre Ne permet pas de mettre à Permet une mise à l'air libre l'air libre toutes les chambres circuits facile de toutes les chambres de toutes les chambres de facile de toutes les chambres de vérins quand on le couple vérins quand on le couple à de vérins (sans difficultés) de vérins. à un distributeur sectionneur un distributeur-sectionneur et de ce fait contribue à 3/2 ou à un robinet à purge 3/2 ou à un robinet à purge maintenir beaucoup de portions de circuits sous 3/2 3/2 pression. (Fig. 2, 3 et 10) (Fig. 2, 3 et 10) (Fig. 2, 3 et 10) Obtention de l'arrêt de Arrêt du mouvement en Arrêt du mouvement en Arrêt du mouvement en Arrêt du mouvement en l'organe moteur cours possible soit: cours possible soit : cours par blocage sur air. cours par mise à l'air libre. - par mise à l'air libre, à l'aide cours de mouvement - par mise à l'air libre, à l'aide (Fig. 5). (Fig. 10). d'un distributeur purgeur 3/2 d'un distributeur-purgeur 3/2. Cette mise à l'air libre peut éventuellement être couplée (Fig. 10). (Fig. 10). Cette mise à l'air libre peut Cette mise à l'air libre peut à un freinage mécanique. éventuellement être couplée éventuellement être couplée à un freinage mécanique ; à un freinage mécanique : - par blocage sur air à l'aide - par blocage sur air à l'aide de distributeurs-bloqueurs 2/2. de distributeurs-bloqueurs 2/2 (Fig. 5) (Fig. 5). (l'inversion du mouvement en cours est possible par simple annulation du pilotage) Certaines défaillances Pas de mouvement intem-Beaucoup de mouvements Pas de mouvement intem-Pas de mouvement intemprobables du circuit de pestif à la disparition des intempestifs à la disparition pestif à la disparition des pestif à la disparition des pilotages : des pilotages : pilotages : pilotages: commande - le mouvement en cours - inversion ou poursuite du - le mouvement en cours - le mouvement en cours s'achève jusqu'à sa position mouvement en cours suis'arrête par blocage sur s'arrête par mise à l'air extrême vant l'étape considérée : libre: - les autres vérins restent en - mise en mouvement de les autres vérins restent - les autres vérins restent position, effort maintenu. beaucoup d'autres vérins en position par blocage en position par mise à l'air Le distributeur à commande immobiles. sur air. libre, effort non maintenu. Insensibles aux parasites. par pression des deux côtés Insensible aux parasites. Insensible aux parasites. est sensible aux parasites pneumatiques si le seuil de pilotage est faible. Ce problème n'existe pas avec une commande électrique. 0 Désaccouplé Alimentation Installation Vers Source O installation d'alimentation

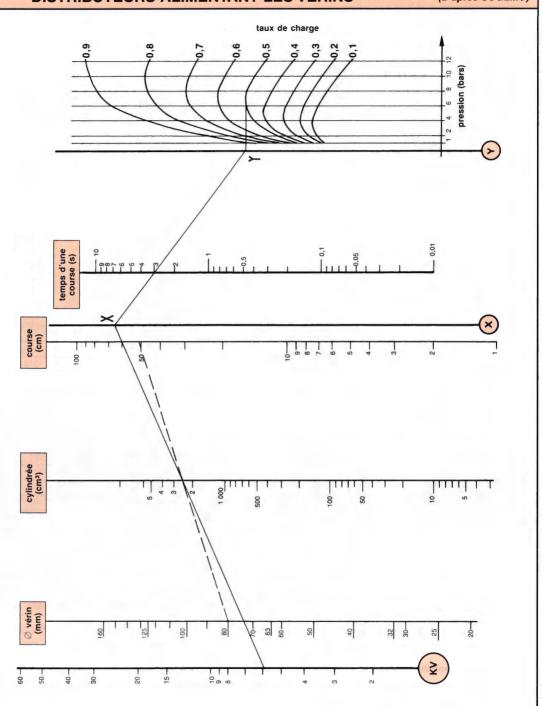
Fig. 1 - Sectionneur 3/2 ou robinet de séparation avec purge.





# 14.3.3. ABAQUES PERMETTANT LE CONTRÔLE DU *KV* DES DISTRIBUTEURS ALIMENTANT LES VÉRINS

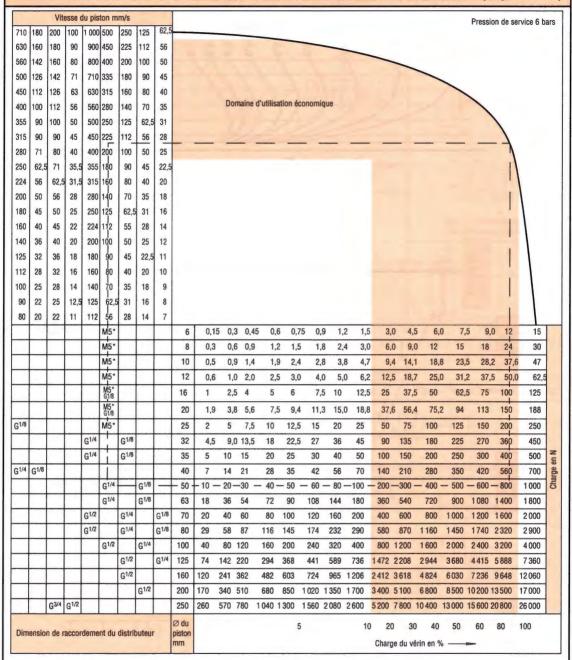
(D'après SOGEMO)



KV: (« Koefficient » et « Ventil ») en m²/h à travers une restriction créant une porte de pression de 1 bar.

- À partir du taux de charge et de la pression du vérin, on définit le point Y.
- À partir du temps de course (compatible avec la vitesse de déplacement V définie page précédente) on obtient le point X.
- La course et le diamètre du vérin définissent sa cylindrée.
- La droite liant le point X et le point caractérisant la cylindrée ou vérin permet d'obtenir le KV minimum du distributeur.

### 14.3.4. DÉTERMINATION DE LA TAILLE DES DISTRIBUTEURS EN FONC-TION DE LA CHARGE ET DE LA VITESSE DU PISTON (D'après FESTO)



<sup>\*</sup> Valable également pour des éléments avec embase de raccordement et raccords cannelés Ø 3 et 4.

La vitesse du piston peut varier de ± 10 % en raison d'influences mécaniques ou en fonction de la commande.

Exemple d'application : On donne : charge 800 N (= 80 kp)

Ø du piston : 50 mm - distributeur prévu avec raccordement G 1/8

Question posée: Est-ce qu'on peut atteindre une vitesse du piston d'environ 200 mm/s?

D'après la colonne G 1/8, pour des pistons de Ø 50 mm on n'atteint que 50 mm/s environ.

En choisissant un distributeur avec G 1/4, on obtient une vitesse d'environ 200 mm/s pour un diamètre de piston de 50 mm (voir ligne pointillée).

Ces indications sont valables pour une longueur de tuyau d'environ 1 m entre les éléments.

## 14.3.5. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES ÉLECTROVANNES

(d'après ASCO-JOUCOMATIC)



Électrovanne à commande directe 3/2 G 1/8



Électrovanne à commande directe 3/2 G 1/4



Électrovanne à commande à implantation directe 3/2 G 1/8



Électrovanne à commande directe, corps à applique 3/2. G 1/8



Connecteurs à raccordement électrique



Électrovanne à commande directe. Corps à applique CNOMO-AFNOR 3/2. G 1/8, G 1/4



Micro-électrovanne à commande directe 3/2 corps taraudé Ø M3



Mini-électrovanne à commande directe corps à applique 3/2. Embase Ø M3



Montage sur embase simple ou multiple pour micro-électrovannes 3/2



Micro-électrovanne corpsà applique 3/2. Embase Ø M5



Mini-électrovanne à commande directe, corps à applique 3/2. Embase Ø M5, G 1/8 ou à coupleurs



Interface électropneumatique. 3/2, 4/2

COMPOSITION Interface 3/2 - 4/2



Embase commune aux fonctions



Module pneumatique 3/2 NF ou 4/2



LED Micropilote électrique







	Comr	nande	Fonc	tion <sup>(1)</sup>	Techn	ologie		Corps		ou-		Raccordement										
sitions	lirecte	9							ple	urs												
Orifices/positions	Électrique directe	Électro- Pneumatique	NF	NO	À clapets	À tiroir	À applique	Taraudés	Ø 4 ext.	Ø 6 - Ø 8 ext.	M3	MS	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1,0	1 1/4	1 1/2	Туре	Série
_	•		•	•	•		•	•	~		•	•			1	<u> </u>	.,				Micro 10	188
	•		•		•		•					•										302
	•				•		•		•			•	•								Piézotronic	
	•	•	•		•		•		•												Intérface	302-304
	•		•	•	•			•					•	•								107
	•		•	•	•		•		•				•									189
	•		•		•		•		•	-			•				_					190
3/2	•		•	•	•		•		•				•	•								192
		•	•			•		•						•								551
		•	•	•	•		•		-					•	•						DM (3/2)	261-262
		•	•	•	•			•							•	•	•	•	•	•	DH	284-285-286
		•	•	•	•		•									•		•		•	DP (3/2)	266-267-268
		•	•	•		•	•	•			•	•									Micro 10	518
	-	•	•		•		•	•		•			•									520
×3/2		•	•			•				•						-					MEGA	578
	-	•			•			•		•			•	•				-				263-264
1/2		•			•		•							•	•						DM (4/2)	261-262
_		•			•		•									•		•		•	DP (4/2)	266-267-268
		•				•	•	•			•	•									Micro 10	518
		•				•	• (2)	•	•	•	-	•	•	•								519-520-52
		•				•	- (-)			•					-		-				MEGA	578
		•				•	• (2)			•												520
		•				•	- 17	•				-		•								551
		•				•	•	(Namur)						•							Namur	551
		•				•	•	(110111011)		•			•	-							7141114	540
5/2		•				•	•	VDMA G02-G01					•	•								538-539
		•				•	•	(IS01)						•	•						Compact	541
		•				•	•	(IS01)						•	•							541/PH
		•				•	•	(IS02)							•	•						542/PH
		•				•	•	(IS03)								•	•					543
		•			-	•	•	(IS04)									•	•				544
-		•				•	•	•			•	•									Micro 10	518
		•				•	•	•	•	•		•	•	•				-				519-520-52
		•				•		-		•											MEGA	578
5/3		•				•	•	VCMA G02-G01					•	•								538-539
JIJ		•				•	•	(IS01)						•	•							541/PH
		•				•	•	(IS02)							•	•						542/PH
		•		-		•	•	(IS03)								•	•					543
		•				•	•	(IS04)						-			•	•				544

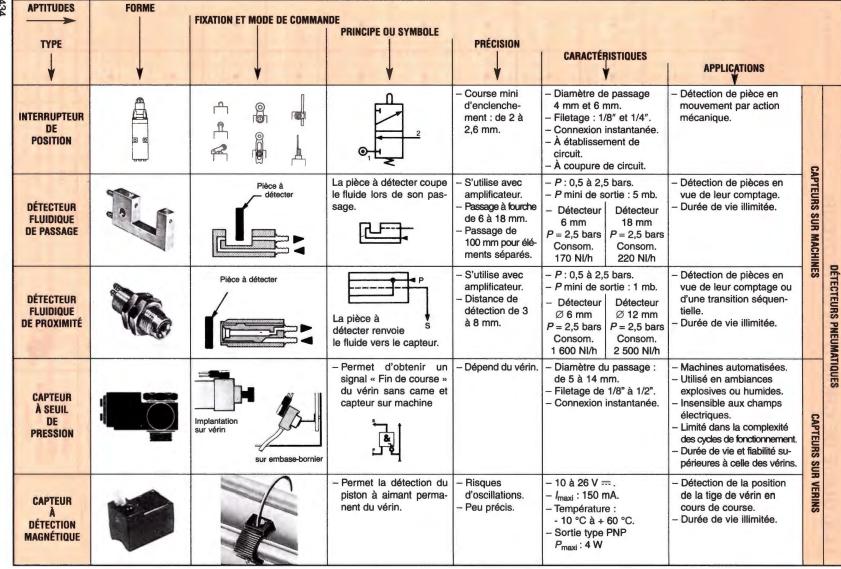
NF: Normalement Fermé à l'état repos, hors pression.
 NO: Normalement Ouvert à l'état repos, hors pression.

Caractéristiques : voir DVD ROM associé à l'ouvrage.

<sup>(2)</sup> Embases à connectique intégrée pour 520.

La plupart de ces électrovannes et électrodistributeurs peuvent être équipés de têtes magnétiques certifiées CENELEC pour utilisation en atmosphères explosibles EEx « d », « m », « me » ou « i ».

14.4. GUI	DE DE CHOI	X D'UN	DÉT	ECTEL	JR	(d'après A	sco-Jou	COMATIC)
Dé	tecteurs				Vérins			
Туре	Connectique	normes ou type :	à faible course	ISO 6432 NF E 49-030	ISO 6431 CETOP 46 P	NF F 49-003 VDMA 24562 ISO 6431		actionneur à billes anti- rotation
Туро	Commercique	Série : Type : Ø (mm) :	441 <b>K</b> 8 100	435 <b>C. AS/CC. AS</b> 8 25	438 CIS 32 63	450 <b>PES</b> 32 200	437 <b>PCN</b> 25 200	447 CIB 12 40
	câble long 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée		•	•	•	•	•	•
à ampoule ILS (2 fils)	connecteur mâle intégré à vis Ø M8 3 broches	0	•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable Ø 8 3 broches mâles	<b>○</b>	•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles		•	•	•	•	•	•
	câble long. 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée		•	•	•	•	•	•
magnéto- résistif MR (3 fils)	connecteur mâle intégré à vis Ø M8 3 broches	·	•	•	•	•	•	•
[ <del>\]</del>	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable Ø 8 3 broches mâles	<b>○</b>	•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles		•	•	•	•	•	•
magnéto-inductif	à connecteur intégré à vis Ø M12 à 4 broches mâles					•	•	
type BIM (2 fils)	câble CNOMO long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles	0				•	•	
<u> </u>	câble CNOMO long. <b>2 m</b> 2 fils 0,5 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée					•	•	



### 14.5. EXEMPLE MONTRANT L'EXPLOITATION DES ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR VÉRIFIER LE COMPORTEMENT DES COMPOSANTS PNEUMATIQUES

- La mise en œuvre du déplacement d'un mobile nécessite l'utilisation d'un vérin Ø 80 mm, course 500 mm.
- La pression est de 6 bars.
- La force à développer est de 100 daN (1 daN ~ 1 kg).
- Le distributeur est du type PVD à doubles pilotages électriques.
- Des régleurs du type A permettent le réglage de la vitesse.
- L'installation impose un temps de fonctionnement du vérin de 5 s. environ.
- La section du tube alimentant le vérin est de 5.5 x 8 mm.
- La distance entre le vérin et le distributeur est de 4 m.

### Longueur équivalente,

 $L_0 = / du tube$ 

+ le des composants

### Exemple du circuit ci-contre :

 $L_0 = / du tube$ 

- + le du régleur de vitesse type A sur vérin
- + le du raccord banio
- + In moyen du distributeur

### SCHÉMA DE L'INSTALLATION

DONNÉES

$$L_e = 4 \text{ m}$$

- + 1,3 m
- $+0.6 \, \text{m}$
- + 1,5 m
- $L_0 = 7.4 \, \text{m}$

### Régleur de vitesse type A Tube 4 x 6 mm - ou 5,5 x ou 7 x 1 l = 4 m8 mm x 10 mm Raccord banjo = 0.6 mÀ pilotage pneumatique avec commandes manuelles auxiliaires

### DISTRIBUTEURS

Taille: 1/8", Ø de passage:

5 mm. KV = 7

			4 2	
	也	X	li	W
14	احا	2	Š	_
		3		10

Symbole graphique

Racco	rdement
1 P	Filetés
3	1/8" BSF
4	

2 14 Instantanés 12 orientables

Ø 4 mm.

Monostable PVD-B141128

Fonction

**Bistable** 

Monostable

Référence

PVD-B142128

PVD-B141428

À pilotage électrique avec commandes manuelles auxiliaires

Symbole graphique	Racco	rdement	Fonction	Référence
4 2	1 P	Filetés	Bistable	PVD-B142428
STILL X KE	3	1/8" BSP		
3 61	4			
1P	2			

### RENSEIGNEMENTS **TECHNIQUES**

### DISTRIBUTEURS

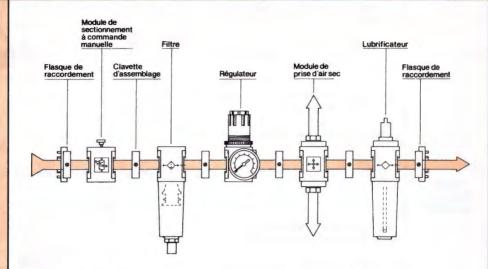
Taille: 1/4". Ø de passage: 8 mm. KV = 15

A pilotage pneumatique	ue ou élec	trique avec comm	nandes manuelles a	auxiliaires
Symbole graphique	Racco	rdement	Fonction	Référence
4 2	1 P	Taraudés	Bistable	PVD-C342229
X II	2	1/4" BSP		
3 01	3			
10	4			

4 + 1 + 1 <sub>12</sub>	~	1/4 001		
3 0	3			
4 2	4			
#IVIIW	12	Instantanés	Monostable	PVD-C341229
14 P	14	orientables		
3		Ø 4 mm		

		TANK TILE		eri h		SECTION DU	CIRCUIT	3 2 11
	VÉRIN Ø 80	SIMBU HI			4 × 6 mm	5,5 × 8	mm	7 × 10 mm
2010	P = 6 bars Charge : taux 0,5	COURSE DU VÉRIN	ÉQUI	GUEUR VALENTE CIRCUIT	Temps de fonctionnement	Temps fonctionn		Temps de fonctionnemen
				3 m	2,8 s	1,4	s	0,8 s
				6 m	3,8 s	1,8	s	1 s
		200 mm	1	0 m	5 s	2,4	s	1,3 s
			1	5 m	6,3 s	3	s	1,7 s
			2	0 m	7,6 s	3,6	s	2,1 s
				3 m	4,2 s	2,1	s	1,2 s
				6 m	5,7 s	2,7		1,5 s
		300 mm	1	0 m	7,5 s	3,5	s	1,9 s
			1	5 m	9,5 s	4,4	s	2,4 s
			2	0 m	11,5 s	5,3	s	2,9 s
				3 m	6,8 s	3,4	s	2 s
RENSEIGNEMENTS				6 m	9,2 s	4,4	s	2,3 s
TECHNIQUES		500 mm	1	0 m	12 s	5,7	s	2,8 s
			1	5 m	15 s	7,2	s	3,3 s
			2	0 m	18 s	8,6	s	3,8 s
1		11111111111111			TUBE	4×6	5,5 ×	8 7×10
	LONGUEURS			Ø de pass	age de l'appareil	4 mm	5,5 m	m 7 mm
	ÉQUIVALENTES	RACCORDS INSTANTANÉS		raccords et bornie			0 r	n
	le DES COMPOSANTS	BORNIERS ET EMBASE-BORN	NIERS	Coudes, et emba	, banjos se-borniers		0,6 r	n
		RÉGLEURS DE type			sur vérin)		1,3 n	n
		VITESSE		Type B (sur dist	ributeur)		0,8 n	n
					TUBE	4×6	5,5 ×	8 7×10
		DISTRIBUTEUF	R 4/2	passage	Ø:7 mm	0,33 m	1 m	3 m
		BLOQUEUR 2/2	2	passage	Ø:4 mm	2 m	7 m	X
CONTRÔLE DE L'INSTALLATION	La courbe (§ 14.2 les conditions d'a     Les abaques (§ 1 (vérin Ø 80 coul     Le Ø de passage	daN, le taux de cl 2.3.) donne une vi mortissement sor 4.3.3.) donnent, p rse : 50 cm) un K	tesse material respensive minimaterial respensive mini	aut 0,5.  naximum doctées.  6 bars, uum de 6.  m pour un	le 1 m/s, la tige s n taux de charge KV de 7 dans la	e déplace à de 0,5 et u	à 0,17 m une cylin /D-B.	n/s : ndrée de 3 c

### 14.6. SCHÉMAS ET REPÉRAGES DES CIRCUITS PERMETTANT D'EFFECTUER LES RACCORDEMENTS



14.6.1. **ALIMENTATION** D'UNE INSTALLATION **PNEUMATIQUE** 

- Le module de sectionnement à commande manuelle permet l'isolement de l'installation.
- Le filtre élimine les impuretés dans l'air.
- Le régulateur maintient une pression secondaire constante en fonction des variations de la pression primaire.
- L'alimentation des vérins nécessite un air filtré et lubrifié (10 bars maximum).
- Dans le cas d'une commande pneumatique, les pilotages et autres unités de commande se font par air non lubrifié (Module de prise d'air sec.)

### LA STRUCTURE D'UN SCHÉMA GÉNÉRAL EST LA SUIVANTE :

un démarreur progressif : il permet un démarrage progressif après tout sectionnement.

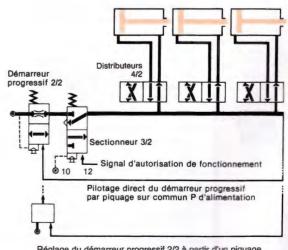
- un sectionneur pneumatique : il permet la coupure de l'air filtré

lubrifié du circuit de puissance.

- les distributeurs : à pilotages pneumatiques ou électriques, ils permettent la commande des vérins.

- les vérins : ce sont des actionneurs pneumatiques.

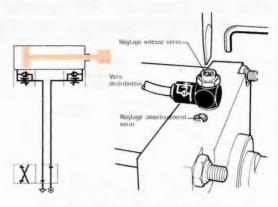
14.6.2. **SCHÉMA** GÉNÉRAL DE DÉMARRAGE PROGRESSIF D'UN GROUPE **DE VÉRINS** 



Réglage du démarreur progressif 2/2 à partir d'un piquage sur P via un relais pneumatique (seul fixe) ou un monostat pneumatique (seul réglable).

### RÉGLEUR DE VITESSE TYPE A IMPLANTÉ SUR VÉRIN :

- remplace le raccord de piquage sur le vérin.
- implanté sur le vérin, il permet le réglage de la vitesse de déplacement de la tige de vérin.
- le réglage doit agir sur le débit d'air d'échappement du vérin.
- réglage précis de la vitesse car au plus près du vérin.
- réglage en parallèle avec l'amortissement du vérin.

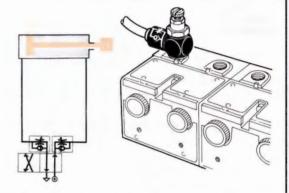


Implantation sur vérin d'un régleur de vitesse Type A

### 14.6.3. RÉGLEURS DE VITESSE

### RÉGLEUR DE VITESSE TYPE B IMPLANTÉ SUR DISTRIBUTEUR :

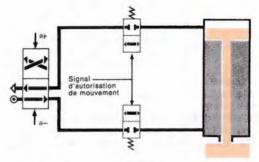
- remplace le raccord de piquage sur le distributeur.
- le réglage doit agir sur le débit d'air d'échappement du vérin.
- réglage accessible dans l'armoire de commande.
- implanté sur le distributeur, il ne permet pas le réglage précis de la vitesse, lorsque le vérin est loin du distributeur.



Implantation sur distributeur d'un régleur de vitesse Type B

### BLOQUEUR 2/2 IMPLANTÉ SUR VÉRIN :

- Permet l'arrêt du vérin par blocage de la circulation d'air au plus près du vérin.
- au contraire d'un arrêt par sectionnement, un arrêt par blocage est positif, la position atteinte est gardée même si la pression d'air est coupée.
- l'arrêt par blocage est utile dans les cas suivants :
  - arrêt rapide en cours de course d'un vérin dangereux.
  - arrêt fonctionnel d'un vérin en un point précis de sa course.
  - arrêt d'un vérin déplaçant verticalement une charge, en particulier lors d'une coupure de la pression d'alimentation.



Distributeur 4/2 pour commande du vérin

Distributeurs 2/2 pour blocage du vérin

Vérin A

### 438

14.6.4.

ARRÊT DE VÉRIN PAR

BLOCAGE

### 14.7.1. PRÉSENTATION ET CHOIX D'UN VÉRIN ÉLECTRIQUE

- La gamme de vérins électriques se compose de colonnes télescopiques (fig. 1), de vérins linéaires (fig. 2), de vérins rotatifs (fig. 3) et d'unités de commande (fig. 4).
- Ils sont remarquables par leurs performances en termes de vitesse, de stabilité en température, de précision et de niveau de bruit.



Fig. 1. Cojonnes télescopiques



Flg. 2. Vérins linéaires



Fig. 3. Vérins rotatifs



Fig. 4. Unités de commande

### - Précision de fonctionnement (étude comparative)

	Systèmes	Systèmes	Systèmes de	Systèmes de
	de guidage	d'entraînement	déplacement	positionnement
0,1- 1 1 - 10 10 - 100	Routements Indesires Reals de guidage Guidage à billes sur rail Speedi-Roil Chasières standard	Vis à Diffee Moteurs linéaires	Verna Stromécaniques	Entrainements standard ou moleurs kinéaires avec tout système de guidage

### - Comment choisir un vérin électrique

- Il est possible de faire une première sélection de vérins qui répondent aux premiers critères de base comme la charge et la vitesse.
- Les guides de choix qui suivent indiquent les principales caractéristiques de quelques vérins, le DVD Rom, associé à l'ouvrage, permet de faire l'inventaire complet des fabrications du constructeur.

14	4.7.2. GUIDE [	DE CH	HOIX	D'UN	IVÉF	RIN ÉL	ECT	RIC	UE		SINE WAS LIGHT
	APTITUDES TYPE		rce male de traction	vite sans charge	avec charge	Course	Motori- sation	S	ystèm		
		V N	N	mm/s	nomile  mm/s	mm	•	ON/OFF	Positionnement	Asservissement	gueur rétractée et d'une cours importante.  - Entraînement linéaire robuste sûr. Très esthétique Avantages : fortes charges, fon tionnement silencieux, robust longue durée de vie. Compact.  - Utilisées dans le domaine mobilier ergonomique et des st tions de postes de travail Colonnes rapides et puissante Avantages : branchement facil esthétique, économique, levagrapide et puissant.  - En ligne.  - Vérins construits sur mesure partir d'éléments standard Sans entretien, équipés d'u embrayage de sécurité avec d'embrayage d'embrayage d'embrayage d'embra
		1 000 à 4 000	0 à 4 000	7 à 42	5 à 12	200/700 à 300/700					Entraînement linéaire robuste et sûr. Très esthétique.      Avantages : fortes charges, fonc-
onnes téléscopiques	TÉLÉMAG  TMS	4 000	0	16	28	300/700					
Vérins électriques à colonnes téléscopiques	TÉLÉSMART	800 à 1 500	0	60 à 23	37 à 17	700 à 200/600					Colonnes rapides et puissantes.     Avantages : branchement facile, esthétique, économique, levage
	MAGGEAR	800	200	8	8	200					– En ligne.
ues linéaires	CAT	500 à 4 000	500 à 4 000	10 à 174	5 à 36	50/300 à 100/400					<ul> <li>Sans entretien, équipés d'un embrayage de sécurité avec dif- férentes motorisations adaptées aux exigences du client. Modu- lables et flexibles.</li> <li>Petits, robustes, grand rende-</li> </ul>
Vérins électriques linéaires	CAR	1 500 à 6 000	1 500 à 6 000	30 à 60	10	50/300 à 100/700					<ul> <li>Vérins industriels très performants.</li> <li>Grande fiabilité et durée de vie.</li> <li>Moteurs de haute qualité.</li> <li>Nombreuses solutions offertes aux exigences des clients (modularité).</li> <li>Existent en trois tailles.</li> </ul>

											(D'après SKF Equipements)
	APTITUDES  TYPE		rce male de traction	vite sans charge	avec charge nomile	Course	Motori- sation	ON/OFF	Positionnement Positionnement	Asservissement	
	*	N	N	mm/s	mm/s	mm		NO	Pos	Ass	Applications et caractéristiques
	ILD	2 000 à 20 000	2 000 à 20 000	200 à 25	200 à 25	100/700 à 100/1 500					<ul> <li>Système complet d'asservis- sement flexible et puissant avec maîtrise du mouvement linéaire en termes de force, de vitesse, d'accélération, de positionne- ment, de précision et de commu- nication. Conception robuste et complet. Rapide.</li> </ul>
	CALA 36	600	600	31	17	50/200					Moteur en ligne de faible diamètre leur donnant un aspect très compact facilitant leur intégration et leur installation dans les espaces les plus réduits.  Très utilisés en automatisation des mouvements. Grande fiabilité.
ues linéaires	RUNNER	8 000 à 12 000	8 000	6,5 à 10,5	4,5 à 7,5	100/700					Vérins combinant charge maximale et vitesse maximale.      Le système intègre une unité de contrôle permettant de piloter jusqu'à trois vérins et leurs accessoires.      Silencieux et puissants.      Longue durée de vie.
Vérins électriques linéaires	CAFX	3 000	3 000	7	5	90/200					<ul> <li>Se composent d'un vérin principal et d'une unité de contrôle intégrée.</li> <li>Ils peuvent, en option, gérer la gestion de l'énergie, la protection contre les surcharges</li> <li>Fins de course intégrés dans le tube de guidage.</li> <li>Longue durée de vie, puissants et silencieux.</li> <li>Forte capacité de charge dynamique.</li> <li>Compacts. Faible bruit.</li> <li>Faible consommation de courant.</li> </ul>
	MAGTOP	200 à 2 000	200 à 2 000	37 à 12/3	30 à 8/2,5	105/300 à 300/500					
	MAGRACK	200/	200/ 600	8/20	515	180/ 1 000					

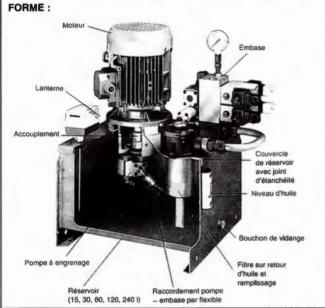
-	APTITUDES	maxi	rce male		esse	Course	Motori- sation	S	ystèn	18	
	ТҮРЕ	de poussée	traction	charge	charge nomile			E	Positionnement	Asservissement	
	<b>*</b>	N	N	mm/s	mm/s	mm		ON/OFF	Posit	Asse	Applications et caractéristiques
	MAGPUSH	400 à 1 500	300 à 1 500	8 à 10	8 à 10	210 200/300 260					<ul> <li>Ces vérins ont un fonctionnement très doux. Peu encombrants et sans maintenance, ils peuvent être montés verticalement, horizontalement ou en position inclinée.</li> <li>Longue durée de vie. Robustes.</li> <li>Grande course pour un faible encombrement. Silencieux.</li> <li>Fortes charges.</li> </ul>
éaires		Dyn.	Stat.	22	14	500/1 000					
in sant	CAWA										
Vérins électriques linéaires	PLUG & PLAY	à	81 700 à 740 000		13 à 90	215 à 1 500					<ul> <li>Facilité d'utilisation.</li> <li>Cadences élevées. Grande fiabilité.</li> <li>Courses longues et rapides sous des charges élevées. Fortes accélérations.</li> <li>Accouplement et vis à rouleaux.</li> <li>Entretien réduit. Rigidité élevée.</li> <li>Longue durée de vie.</li> </ul>
	CRAB 17	N	uple Im	rd.n	esse nin <sup>-1</sup>	m	nètre im	- C él - M sc d' - M	ompa ouple evé. lultipl orties arbre lultipl otions	es es es	<ul> <li>Vérins conçus pour permettre un mouvement de rotation partiel. La moduralité de la gamme permet de réaliser des configurations simples ou complexes.</li> <li>Ils peuvent travailler de façon rapide ou lente avec des charges élevées ou faibles.</li> </ul>
ques rotatifs	CRAB 05	1	00		3	8	86	- B: m - M	ompa ascul ent lultipl otions oteu	es s	<ul> <li>Vérins développés à partir de la technologie des sièges et fauteuils. (industrie automobile).</li> <li>Faibles coûts , efforts élevés et fonctionnement facile, réglage électrique ou manuel du siège.</li> <li>Charges dynamiques inférieures à 100 N.</li> </ul>
Vérins électriques rotatifs	ari-		70 à 700		30 à 8		20 à 86				

### 15. EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

### 15.1. INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS HYDRAULIQUES

(D'après CPOAC GROUPE BOSCH)

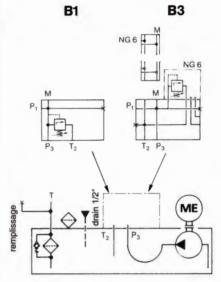
### CENTRALE HYDRAULIQUE ÉQUIPÉE DE POMPE À ENGRENAGE IMMERGÉE (TYPE CHPI POUR NG6) :



### **CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES:**

- Réservoir : 15, 30, 60, 120 ou 240 l.
- Débit constant.
- Débit réel en charge : de 1,4 à 130 l/min.
  Puissance installée : de 0,55 à 22 kW.
- Fréquence de rotation : 1 500 min<sup>-1</sup> à vide, 1 420 min<sup>-1</sup> en charge.
- Huile: température: 65 à 70 °C, viscosité: 30 à 90 cS T.
- Tableau des puissances/débits/réservoirs :
- (O: possible; N: impossible).

### SYMBOLE:



equation: : pression client.

P3 : pression pompe immergée.

M : pression manomètre.

T : retour client T2 : retour au bac.

MT : moteur électrique.

NG6 : gamme de produits utilisables avec

l'option B3 (25 D - 315 bars).

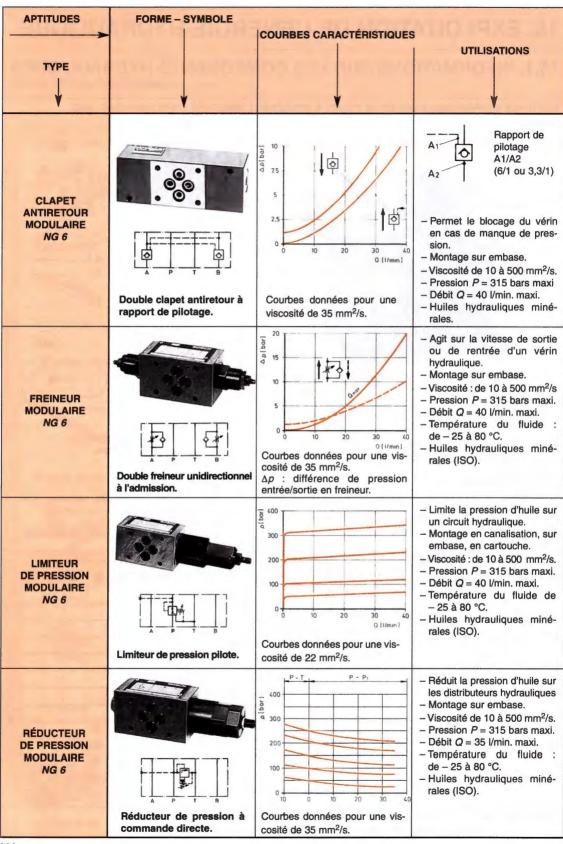
B1 : option de base.

B3 : option pour gamme de produits NG6

	B	ac (lir	mites)		Moteur								Débit	nomir	nal (l/r	nn)							
15 I	30 1	60 1	120	240 1	PkW	1,4	2,7	6	8	11	15	21	27	32	36	44	58	72	88	102	115	130	
					0,55	140	60	45	30														
		N	N		0,75	200	100	65	45	30	22												
0	0			N	1,5		200	130	90	60	45												
0				IN	2,2			170	125	85	65	50	35	30									1
					3				180	120	90	65	50	40	35								14.000
		0			4					170	130	90	60	55	50	40				7			1
		10	0		5,5						180	125	90	75	70	60	40						
					7,5							170	120	105	100	80	60	45					2
					9								145	125	120	95	75	50	45				
N	N			0	11												90	65	50	45			
					15												125	90	75	65	60	50	
		N	N		18,5													115	100	80	75	60	
					22														115	100	90	70	

Application: Le client a besoin d'une centrale hydraulique 32 l/min: 125 bars.

Solution: Moteur 9 kW, Pompe 32 I/min, Réservoir (60, 120 ou 240 I).



### DISTRIBUTEUR HYDRAULIQUE (TYPE NG6):

• FORME :

### COMMANDES:

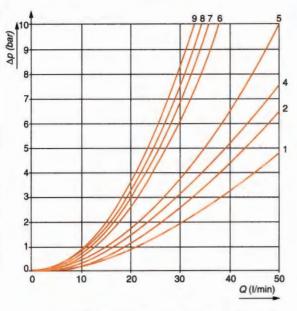


_		
E	Д	Commande électrique – CC : 30 W – 12, 24, 48, 80 V = 18 000 manœuvres/heure – CA : 45 VA – 24, 48, 110, 220 240 V~.
Н		Commande hydraulique : Pression $P_{\rm c}$ de 10 à 210 bars.
G	-[	Commande mécanique par levier à galet $F = 30 \text{ N}$ .
P	-6-[	Commande pneumatique : Pression $P_{\rm c}$ de 5 à 10 bars.
М	ا	Commande manuelle par levier avec ou sans crantage.

### • SYMBOLES :

N°	SYMBOLES	POSITIONS AVEC TRANSITOIRES	E	Н	G	P	М	N°	SYMBOLES	POSITIONS AVEC TRANSITOIRES	E	Н	G	P	M
00 (1)			x			X	x	18 (1)	~\ <b>\</b> \ <b>\</b> \ <b>\</b>		x				
01 (1)			x			X	X	20 (2)			X	X		X	
02 (1)			x			X	X	24 (2)			x				
04 (1)			X	x		X	X	26 (1)			x				
05 (1)			X					27 (2)	To The P	1 1 1 1 T	X	X			X
08 (2)	- A B		X					33 (2)			x				
10 (2)	W X		X		X		X	45 (2)	TIT I		x	x			
11 (2)			X					62 (1)			x				
12 (2)			X	X	X	X	X	68 (2)			x				
14			X			X		78 (2)			X				
16 (2)	W <sub>F</sub> T-T	<del>+ + + + + + + + + + + + + + + + + + + </del>	×		x			95 (1)			X				
17			X						(1) distributeur 4/3 centrage par ressorts. (2) distributeur 4/2 retour par ressorts.						

### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :



Courbes données pour une viscosité de 35 mm²/s.

### - Perte de charge

Combata		Sens	d'écoule	ment	
Symbole	PA	PB	AT	BT	PI
00	1	1	1	1	
01	2	2	2	2	
02 04	2 7 2 1 4 4 6 4 7 2 1 2 4 2 2 2	2 9 2 1 4	2 8	2 6 1 2 4 4 5 4 6 2 2 2 4 1 1 2 2 2 4 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2	5
04	2	2	1	1	
05	1	1	2	2	
08	4	4	1 2 4 4	4	
10	4	4 5	4	4	
11	6	5	4	5	
12	4	4	4	4	
14	7			6	5
16	2			2	
17	1	1	2	2	
18	2	1 2 4 2 2	2 2 4 1 2	2	
20	4	4	4	4	
24	2	2	1	1	
26	2	2	2	2	
27	2			2	
33		1	1		
45		1 2 5 2	1 2		
62	2	5		2	
68	2	2			
78	1		4	4	6 5
95	2	2	1	1	5

- Température d'utilisation de 20 à 50 °C
- Pression maximale P.A.B.: 315 bars.
- Pression maximale T: 160 bars.
- Viscosité : de 10 à 500 mm²/s
- Température du fluide hydraulique de 25 à 80 °C
- Débit nominal (ΔP = 1 bar) : de 11 à 21 l/min.
- Débit maximal : 50 l/min

### APPLICATION:

Le distributeur 4/3, quel que soit le sens d'écoulement, a un débit de 21 l/min. pour un  $\Delta P$  de 1 bar.

### 15.2. LES VÉRINS HYDRAULIQUES (TYPE HYCUM)

(D'après CPOAC, groupe BOSCH)

### FORME :



Vérin hydraulique à double effet série HY/CUM à chapes

### **FIXATION:**

Côté vérin

Côté tige



**B** Alésage





**G** Chape





L Palier à rotule



S Filetage



### · CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :

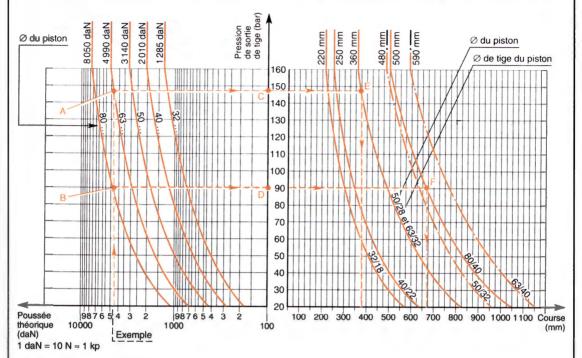
- Pression nominale de service : 160 bars.
- Vitesse maximale du piston : 0,5 m/s.
- Température du fluide hydraulique : de 20 à 80 °C
- Viscosité: 16 à 90 mm²/s.
- Rendement :
- $P = 20 \text{ bars } \to \eta = 0.85$
- $P = 120 \text{ bars} \to \eta = 0.90$
- $P = 160 \text{ bars} \to \eta = 0.92$
- Course: Standard 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500.
  - Sur demande ≤ 1 200 mm
- Caractéristiques de construction :

Piston Ø D	ston de de différen z D piston piston tielle		de de différen- mal piston piston tielle e		Traction maxi- male théorique en daN =		Fixation			
(mm)			(cm <sup>2</sup> )	10 N ~ 1 kp	10 N ~ 1 kp	G	G	L	S	
32	18	8,04	5,49	1 285	880	X		X	X	
40	22	12,57	8,77	2 010	1 400		X	X	X	
50	28	19,64	13,48	3 140	2 155		Х	Х	X	
50	32	19,64	11,60	3 140	1 860		X	Х	X	
63	32	31,17	23,13	4 990	3 700		X	Х	X	
63	40	31,17	18,60	4 990	2 980		Х	X	X	
80	40	50,27	37,71	8 050	6 040		X	Х	X	

### EXEMPLE DE CALCUL :

Pression de sortie en fonction de la poussée théorique.

Pression de sortie en fonction de la course maximum admissible respectant la sécurité au flambage



Quel vérin choisir pour :

- une poussée F de 4 000 daN
- une course de 500 mm.

### **SOLUTION:**

### a) Poussée théorique.

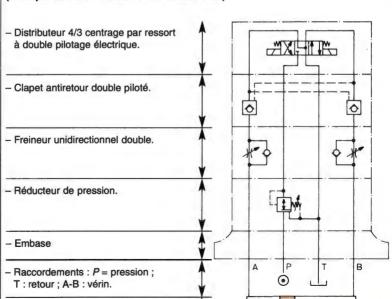
$$\frac{F}{\eta} = \frac{4\ 000}{0.9} = 4\ 500\ daN.$$

- b) La courbe 4 500 daN coupe la courbe du vérin Ø 63 en (A) et la courbe du vérin Ø 80 en (B).
- c) La pression de sortie lue pour chaque type de vérin vaut :
- Ø 63 → 146 bars, point (C).
- Ø 80 → 90 bars, point (D).
- d) Le diagramme de droite donne la course maximale des différents vérins pour chaque pression.
- Point (E): Le vérin 63/32 autorise une course de 380 mm sous une pression de 146 bars. La course demandée étant de 500 mm, ce vérin ne convient pas.
- Point (F) : Le vérin 80/40 autorise une course de 670 mm sous une pression de 90 bars (> 500 mm)

Ce vérin convient.

### SCHÉMA DE MONTAGE MODULAIRE : (Exemple de commande de vérin double effet)

- Vérin hydraulique à double effet.



### 15.3. LES VÉRINS HYDRAULIQUES (TYPE C 80 H) (D'après CPOAC, groupe BOSCH)

# DIFFÉRENTS TYPES DE MONTAGES ET D'EXTRÉMITÉS DE TIGE





### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- Vérins à tirants
- Fixations intégrées ou rapportées
- Amortissements avant et arrière réglables par vis pointeau
- Bague d'amortissement flottante : meilleur démarrage
  - centrage parfait → longue durée de vie
- Différents types d'étanchéité suivant utilisation
- Course : de 0 à 2500 mm maximum + 2 mm
- Pression d'utilisation : 80 bars maximum
- Fluide d'utilisation : huile minérale et solution aqueuse HFC (DIN 51524)
- Température du fluide : -20 °C à +80 °C
- Raccordement : bride taraudée BRIGES
  - bride taraudée GAZ
    - raccordement direct GAZ
- Filtration conseillée : pollution d'huile limitée à classe 9-10 NSA 1638 à réali
  - ser avec un filtre  $\beta_{25} = 75$
- Étanchéité du piston : joints à lèvres
  - segments métalliques

### CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION

ø Alésage (mm)	32	40	50	63	80	100	125	160
ø Tige (mm)	18	22	22	28	36	45	56	70
Vitesse maximum (m/s)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Amortissement côté tige (mm)	14	20	20	23	23	28	28	37
Amortissement côté fond (mm)	13	19	19	22	22	27	27	37

### **ÉNERGIE AMORTISSABLE (TIGE NORMALE)** Sortie de tige Rentrée de tige 600 600 Ø 160 x 70 500 500 Ø 160 x 70 400 400 300 ø 125 x 56 300 0 125 x 56 200 200 Ø 100 x 45 Ø 100 x 45 Ø 80 x 36 100 90 80 70 100 90 80 70 Ø 80 x 36 ø 63 x 28 Ø 63 x 28 60 50 60 50 ø 50 x 22 Ø 50 x 22 40 40 Énergie amortissable en joules Ø 40 x 22 30 30 Ø 40 x 22 9 2860 Ö Énergie amortissable 20 Ø 32 x 18 10 9 8 7 Ø 32 x 18 10 9 8 7 6 5 9 20 20 8 0 20 8 20 30 6 50 8 2 8 Pression motrice en bars

### 16. DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT

### 16.1. PRINCIPALES ARCHITECTURES DE LA DISTRIBUTION BT

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 16.1.1. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À 3 NIVEAUX PAR CONDUCTEURS

- Par conducteurs, dans les bâtiments dédiés à une application précise :
- habitat, hôtels, bâtiments agricoles, écoles, etc.
- Avantages :
- seul le circuit en défaut est mis hors service ;
- localisation facile du défaut ;
- opération d'entretien sans coupure générale;
- peu de contraintes de passage : gaines techniques, etc.
- Inconvénients :
- un défaut au niveau des départs principaux affecte les niveaux des départs divisionnaires et des départs terminaux.

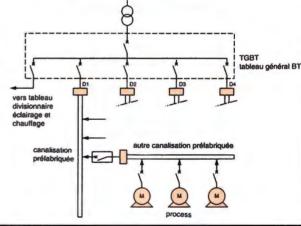
# tableau divisionnaire (atelier A) tableaux terminaux process

# 16.1.2. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES AU NIVEAU DIVISIONNAIRE

 Avec canalisations préfabriquées au niveau divisionnaire en industriel et tertiaire.

### - Avantages :

 flexibilité de l'installation électrique dans les locaux à espace non cloisonné, facilité de mise en œuvre.

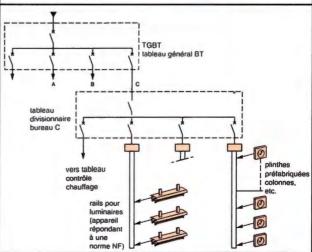


# 16.1.3. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À SYSTÈMES PRÉFABRIQUÉS AU NIVEAU TERMINAL

 Avec canalisations préfabriquées au niveau terminal : bureaux, laboratoires, etc.

### – Avantages :

 flexibilité et esthétique des circuits terminaux dans les locaux à cloisonnement évolutif, facilité de mise en œuvre.



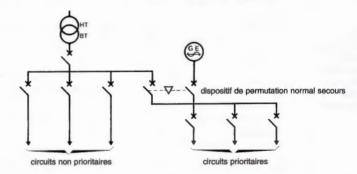
### 16.2. LA CONTINUITÉ DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

### DIVISION DES INSTALLATIONS ET UTILISATION DE PLUSIEURS SOURCES.

Si la puissance installée est importante, l'utilisation de plusieurs transformateurs permet d'isoler les récepteurs à contraintes ou caractéristiques particulières :

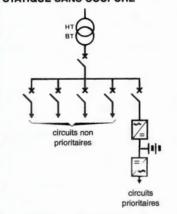
- niveau d'isolement susceptible de variation ;
- sensibilité aux harmoniques (locaux informatiques...);
- générateurs de creux de tension (délestage de moteurs de forte puissance...) ;
- générateurs d'harmoniques.

### ALIMENTATION DE REMPLACEMENT OU DE SÉCURITÉ PAR GROUPE ÉLECTROGÈNE

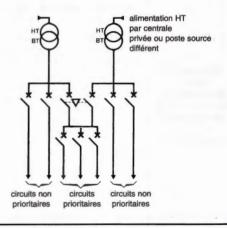


16.2.1.
ALIMENTATION
DE
REMPLACEMENT

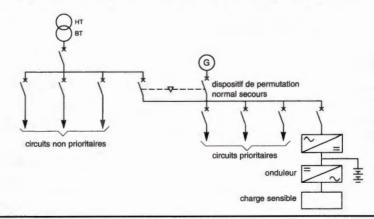
### REMPLACEMENT PAR ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE



### **ALIMENTATION DOUBLE**



### ASSOCIATION D'ALIMENTATIONS DE SECOURS ET DE SUBDIVISION DES CIRCUITS



16.2.2. EXEMPLE

### 16.3. ÉVALUATION ET JUSTIFICATION DE LA PUISSANCE D'UNE INSTALLATION BT

- La PUISSANCE INSTALLÉE permet de définir la puissance du transformateur HT/BT

- ESTIMATION DES PUISSANCES INSTALLÉES

ÉCLAIRAGE FLUORESCENT (compen	sé à $\cos \varphi = 0.86$ )		FORCE MOTRICE				
TYPE D'EXPLOITATION	PUISSANCE Éclairement moyen (lux)		TYPE D'EXPLOITATION	PUISSANCE estimée (VA/m²)			
Voies de circulation, aires de stockage	7	150	Compresseur d'air, pompe	3 à 6			
sans travail continu.			Ventilation des locaux	23			
Gros travaux (fabrication et assemblage	14	300	Bureaux	25			
de grosses pièces).			Atelier d'expédition	50			
Travaux courants : bureaux.	24	500	Atelier de montage	70			
Travaux fins : bureaux d'études, atelier	41	800	Atelier d'usinage	300			
de montage de précision.			Atelier de peinture	350			
			Atelier de traitement thermique	700			

### - PUISSANCE D'UTILISATION

dépend : - du facteur d'utilisation maximale d'un récepteur (K,)

- du facteur de simultanéité d'un groupe de récepteurs (Ks)

FACTEUR DE SIMULTANÉI	TÉ (K <sub>s</sub> ) POUR USAGE D'HABITATION	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ $(K_{\rm s})$ POUR ARMOIRES DE DISTRIBUTION INDUSTRIELLE (UTE 63-410)						
NOMBRE D'ABONNÉS	FACTEUR DE SIMULTANEITE	NOMBRE DE CIRCUITS	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ					
2 à 4	1	2 et 3	0,9					
5 à 9	0,78	4 et 5	0,8					
10 à 14	0,63	6 et 9	0,7					
15 à 19	0,53	10 et plus	0,6					
20 à 24	0,49	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ (Kg)						
25 à 29	0,46		TIONS DOMESTIQUES					
30 à 34	0,44	UTILISATION	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ					
35 à 39	0,42	Éclairage, conditionnement d'air	1					
40 à 49	0,41	Chauffage électrique,						
50 et au-dessus	0,40	chauffe-eau	1					
FACTEUR D'UTILISATION TIAIRE ET L'INDUSTRIE	MAXIMALE (Ku) POUR LE TER-	Prises de courant (N : nb de prises alimen- tées par le même circuit)	$0.1 + \frac{0.9}{N}$					
- Force motrice :	0,75	Ascenseurs et monte-	Moteur le plus puissant : 1					
<ul> <li>Éclairage et chauffage :</li> <li>Prise de courant : dépendent</li> </ul>	1 d du récepteur raccordé	charge	Moteur suivant : 0,75 Autres moteurs : 0,6					



- Puissance installée : 150 kVA.

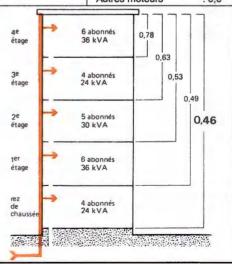
- Puissance nécessaire : 150 × 0,46 = 69 kVA.

 $l_{\rm s}$  au rez-de-chaussée =  $\frac{150 \times 0,46}{400 \sqrt{3}}$  = 100 A.

- On choisira, d'après la Norme C14-100, un câble : PVC  $4 \times 35 \text{ mm}^2$  du rez-de-chaussée au  $2^e$  étage.

$$-I_8$$
 au 3e étage =  $\frac{(36 + 24) \ 0.63}{400 \ \sqrt{3}}$  = 54 A.

 On choisira un câble PVC de 4 x 16 mm² pour les 3º et 4º étages.



### 16.4. EXEMPLE D'ESTIMATION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE ET DE LA PUISSANCE D'UTILISATION D'UN ATELIER DE FABRICATIONS MÉCANIQUES

(d'après SCHNEIDER ELECTRIC)

- Évaluation des puissances qui transitent à chaque niveau d'installation, y compris les puissances intermédiaires.

NIVEAUX D'INSTALLATION				1er N	IVEAU	2 <sup>e</sup> N	IVEAU	3º NIVEAU		
utilisation	puissance installée	coefficient d'utilisation maximale	puissance d'utilisation maximale	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation	
	(kW)		(kW)		(kW)		(kW)		(kW)	
atelier A										
tour n° 1	5	0,8	4	coffret di	visionnaire	armoire	d'atelier	armoire (	générale	
tour n° 2	5	0,8	4					A		
tour n° 3	5	0,8	4					1000		
tour n° 4	5	0,8	4	0,75	0,75 14,4	00	105			
perceuse nº 1	2	0,8	1,6			0,9	19,5			
perceuse n° 2	2	0,8	1,6				10.			
5 PC 2 × 10 A	22	1	22	0,19	4,2	Land			-	
30 fluos 2 × 40 W	3	1	3	1	3			100		
total A	49									
atelier B										
compresseur	15	0,8	12	1	12					
3 PC 10 A	6,6	1	6,6	0,4	2,6	0,9	14,1	0,9	59,1	
10 fluos 2 × 40 W	1	1	1	1	1					
total B	22,6									
atelier C										
ventilateur 1	2,5	1	2,5	4	_					
ventilateur 2	2,5	1	2,5	1	5					
four n° 1	15	1	15		00	0.0	32			
four n° 2	15	1	15	1	30	0,8	32			
5 PC 10 A	11	1	15	0,28	3					
20 fluos 2 × 40 W	2	1	2	1	2					
total C	48									
total A + B + C	119,6 k	W		1000						

- La puissance TOTALE INSTALLÉE est de 119,6 kW.
- La PUISSANCE D'UTILISATION au niveau 3 est de 59.1 kW.
- Soit un FACTEUR GLOBAL de : 59,1/119,6 = 0,495.
- DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR HT/BT.
  - Cos φ moyen estimé de l'installation : 0,86 (évite les pénalités dues à la consommation de l'énergie réactive)
  - Coefficient K<sub>a</sub> (supérieur à 1) qui tient compte des prévisions d'extension

$$P_{\text{TR}} = K_{\text{a}} \frac{P_{\text{u}}}{\cos \varphi}$$

$$P_{\text{TR}} = 1.4 \frac{59.1}{0.86} = 96.3 \text{ kVA}$$

K<sub>a</sub> = 1,4 (projet d'extension de l'installation électrique : 40 %)

- On choisira un transformateur de puissance normalisée = 100 kVA
- Autres indications nécessaires à la commande du transformateur :
- Température ambiante moyenne si elle est supérieure à 20 °C
- L'altitude si elle est supérieure à 1 000 m
- S'il est prévu un fonctionnement de transformateurs en parallèle
- La tension primaire, la ou les tensions secondaires.

### **PUISSANCES ET TENSIONS NORMALISÉES**

- Transformateurs sur poteau (kVA) : 25-50-100
- Transformateurs en cabine (kVA) : 25-50-100-160-250-400-630-800-1000-1250-1600-2000
- Tensions primaires (kV) : 5,5-10-15-20-30-10/20-15/20
- Tensions secondaires (V) : 231-400

### 16.5. RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE 2º CATÉGORIE ALIMENTATION - Le poste est alimenté par une dérivation du ligne aérienne réseau de distribution HT. - Le poste comporte, en règle générale, une cellule arrivée et protection générale par interrupteur-sectionneur et fusibles. - En France, seul le poste haut de poteau ne 16.5.1. comporte pas d'appareillage à haute ten-ALIMENTATION sion, sa puissance est limitée à 160 kVA. HT SIMPLE - Les domaines d'utilisation : DÉRIVATION - distribution publique HT en lignes aériennes (rural): - distribution HT dans la plupart des industries, le tertiaire. **DEUX ALIMENTATIONS** - L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau de distribution à haute tension, et comprend le passage de cette ligne. - Le poste comporte 3 cellules HT: - 2 cellules « arrivée » avec interrupteursectionneur. 16.5.2. - cellule « départ » et protection générale par ALIMENTATION interrupteur-fusibles, par combiné interrup-HT teur-fusibles ou par disjoncteur et section-COUPURE D'ARTÈRE - Permet l'utilisation d'une alimentation fiable à partir des 2 postes sources ou de 2 câbles souterrains départs HT, ce qui limite les temps d'interen boucle ruption en cas de travaux sur le réseau. - Distribution publique HT par réseaux souterrains en zone urbaine. Réseaux HT d'activités tertiaires. **DEUX ALIMENTATIONS** - Lorsque le réseau HT comporte 2 câbles souterrains distincts en parallèle, le poste peut être alimenté par l'une ou l'autre de ces deux dérivations du réseau HT. - Le poste comporte alors 3 cellules HT : - 2 cellules « arrivée » avec interrupteursectionneur. 16.5.3. - 1 cellule « départ » et protection générale **ALIMENTATION** par interrupteur-fusibles, ou par disjonc-HT teur et sectionneur. DOUBLE - La permutation d'une alimentation sur **DÉRIVATION** l'autre peut être effectuée lors de la disparition de la tension sur l'alimentation alimencâbles souterrains tant le poste : en parallèle soit par un automatisme,

soit manuellement.

densité ou en extension.

 Utilisé pour la distribution publique HT souterraine et les réseaux des villes à forte

### 16.6. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES D'UN POSTE DE LIVRAISON

### DONNÉES

### Puissances maximales prévues :

- coefficient d'utilisation,
- facteur de simultanéité.
- période d'utilisation.

### Plan de masse de l'installation :

- le distributeur doit avoir un accès direct à la HT du poste (personnel qualifié et agréé)

### Continuité d'alimentation souhaitée :

- estimation des pertes de production et d'exploitation,
- sécurité des biens et des personnes.

### BESOINS

### Type d'alimentation :

- nature du réseau (aérien-souterrain),
- l'alimentation (simple dérivation coupure d'artère double dérivation § 16.9.),
- la puissance et le courant de court-circuit.

### La tension et le niveau d'isolement assigné :

- existant ou futur retenu, compte tenu des évolutions du réseau.

### Le type de comptage qui définit :

- les frais de raccordement au réseau,
- la tarification (consommation et abonnement § 21.1.).

### ACCORD DU DISTRIBUTEUR D'ÉNERGIE

### Réalisation ; Indiquer :

- la position du poste,
- le schéma des connexions et des circuits de terre.
- la nomenclature des matériels électriques et leurs caractéristiques.
- le plan du poste avec positionnement du matériel (y compris le comptage),
- les dispositions prévues pour réduire l'énergie réactive consommée (§ 21.5.),
- les dispositions prévues pour le comptage et le type de tarif (§ 21.1.),
- éventuellement les dispositions relatives aux sources de remplacement HT ou BT.

### CONTRÔLE

### Contrôle et vérification par un organisme agrée : CONSUEL (§ 26.3.)

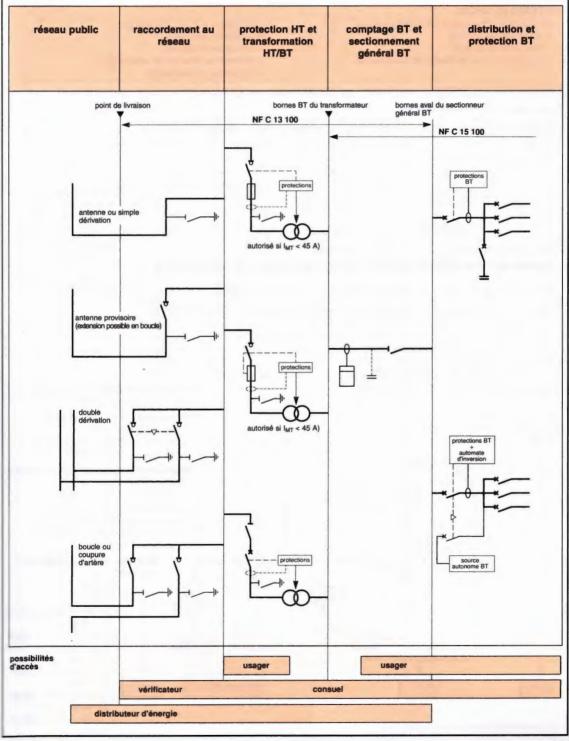
- mesure des prises de terre,
- continuité électrique des circuits de terre,
- contrôle des matériels HT,
- isolement de l'équipement HT,
- niveau et rigidité électrique du liquide isolant au transformateur,
- contrôle de l'équipement BT du poste,
- contrôle des verrouillages, des asservissements et des automatismes,
- réglage et contrôle du relayage de protection,
- manœuvres et exploitation en toute sécurité.

### MISE EN SERVICE

### Après réception du certificat de conformité :

- mise en service par le distributeur de l'alimentation HT et vérification du non fonctionnement du comptage,
- mise en service par l'installateur de la distribution BT.

- Un poste de livraison à comptage BT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 24 kV comprenant un seul transformateur HT/BT dont le courant secondaire assigné est au plus égal à 2 000 A (P max = 1 250 kVA). À cette puissance maximale correspond une intensité maximale au primaire de 45 A, pour une tension primaire de 20 kV.



### 16.8. CHOIX DE LA CELLULE DE PROTECTION DU TRANSFORMATEUR

### NORMES ET SPÉCIFICATIONS

- Conforme aux normes NFC 13-100/200, NFC 64-400 et NFC 64-160 pour la coupure pleinement apparente.
- Conque pour des installations intérieures (IP 2x) et pour être installée dans les postes intérieurs ou extérieurs.
- Un poste est réalisé, en général, à partir de cellules modulaires qui permettent de réaliser tous les types de schémas et les extensions ultérieures.

### CRITÈRES DE CHOIX

- Le réseau d'alimentation est caractérisé par :
  - la tension de service.
  - l'intensité de la ligne,
  - la puissance (ou intensité) de court-circuit.
- Une cellule est caractérisée par :
- sa tension assignée.
- son courant assigné.
- sa tenue au courant de court-circuit.
- la fonction qu'elle remplit.

### LES TABLEAUX CI-DESSOUS INDIQUENT LES CORRESPONDANCES POUR EFFECTUER CE CHOIX

### Choix de la tension assignée

tension de service (l	kV)	3 3,3	4,16 5 5,5 6 6,6	10 11	13,8 15	20 22
tension assignée (k)	/)	3,6	7,2	12	17,5	24
tenue diélectrique 50 Hz – 1 min.	isolement (1)	10	20	28	38	50
(kV crête)	sectionnement (2)	12	23	32	45	60
onde de choc 1,2/50 µs	isolement (1)	40	60	75	95	125
kV crête)	sectionnement (2)	46	70	85	110	145

- (1) Isolement : tenue diélectrique entre phases et masse.
- (2) Sectionnement : tenue diélectrique entré entrée et sortie.
- (3) I<sub>4</sub>/1 s. tenue thermique pendant 1 seconde
- (4) loc : intensité de court-circuit.
- (5) Pdf: pouvoir de fermeture ou tenue électrodynamique.

### Choix de la tenue au courant de court-circuit (série)

puis	puissance de court-circuit équivalent (MVA) pour une tension de service en kV											n kV	l <sub>th</sub> /1 s (3)	série	Pdf (5)
3	3,3	4,16	5	5,5	6	6,6	10	11	13,8	15	20	22	(kA eff.)		(kA crête)
65	70	90	110	120	130	145	215	240	300	325	435	475	12,5	12	31,5
75	85	105	125	135	150	165	250	275	345	375	500	550	14,4	14	36,5
85	90	115	140	150	165	185	280	305	385	415	555	610	16	16	40
110	120	150	180	200	220	240	365	400	500	545			20	20	50
135	150	190	230	250	275	300	455	500					25	25	62,5
	165	180	230	275	300	330	360						31,5	30	79

### LOGIGRAMME DU CHOIX DE LA CELLULE

En l'absence de fosse de récupération d'huile.

CHOIX DE LA FONCTION À REMPLIR (Fonctions décrites § 16.10 4.)

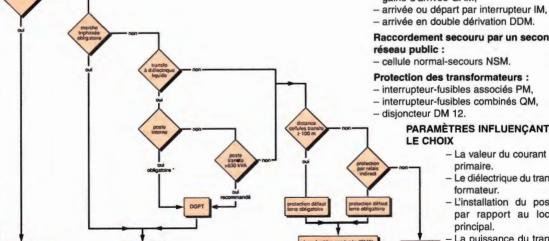
### Raccordement avec le réseau :

- gaine d'arrivée GAM,
- arrivée en double dérivation DDM.

### Raccordement secouru par un second

### PARAMÈTRES INFLUENÇANT **LE CHOIX**

- primaire.
- Le diélectrique du trans-
- L'installation du poste par rapport au local
- La puissance du transformateur.
- La distance des cellules au transformateur.
- L'emploi des relais indirects.

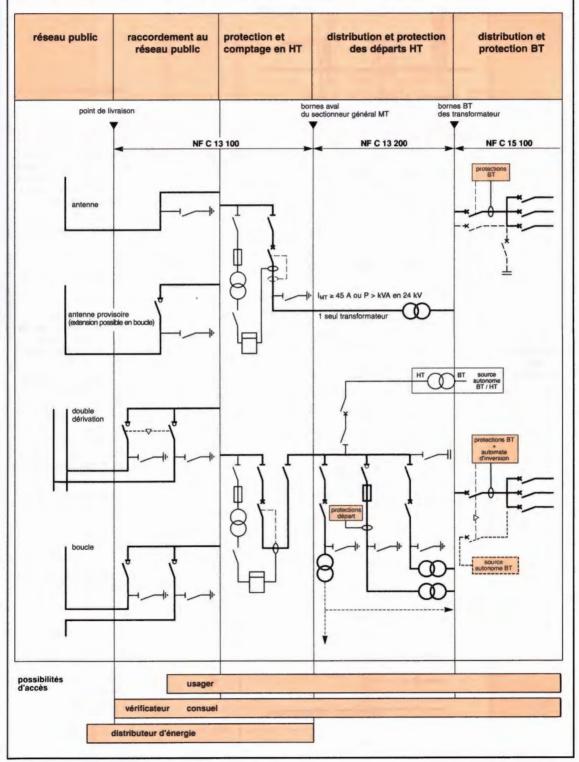


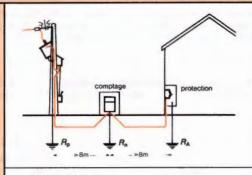
I<sub>N</sub> ≥ 45 A

### 16.9. POSTE DE LIVRAISON À COMPTAGE HT

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

- Un poste de livraison à comptage HT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 24 kV comprenant un seul transformateur HT/BT de puissance supérieure à 1 250 kVA ou plusieurs transformateurs, le courant assigné de l'équipement BTB du poste étant au plus égal à 400 A.

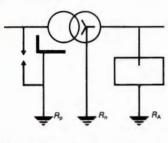




CONSTITUTION D'UN POSTE HAUT DE POTEAU

Interrupteur aérien

schéma TTS (ou ITS)



La dernière portée est réalisée en conducteurs nus pour faciliter la mise à la terre des conducteurs lors de la mise hors tension du poste HT-BT.

Éclateur ou parafoudre.

 $R_{\rm p} \le 30~\Omega$  car le matériel du poste (transformateur et disjoncteur haut de poteau) est surisolé à 20 kV choc.

en é suite Prise de terre du poste.

Point de livraison. Transformateur HT-BT sur poteau 25-50 ou 100 kVA (500 kg maxi).

 $R_{\rm n} \le 3~\Omega$  pour couvrir le risque de claquage en retour du matériel BT de l'abonné suite à un claquage HT/BT

Disjoncteur BT protège le transformateur Mise à la terre du neutre lorsque le disjoncteur est ouvert.

Commande manuelle par tringle cadenassable.

Prise de terre du neutre.

Comptage

Disjoncteur BT réglé et plombé.

BT

de

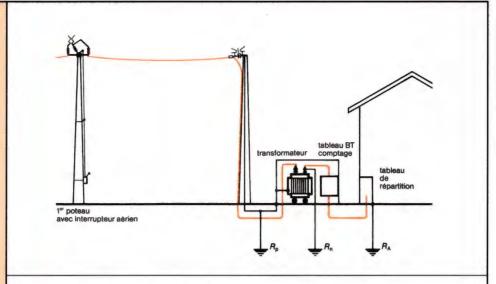
Distribution

l'abonné.

coffret transformateur

commande conducteur de terre Cu 25 mm²





### **CONSTITUTION D'UN POSTE BAS DE POTEAU**

Dernière portée en conducteurs nus pour permettre la mise en courtcircuit et la mise à la terre de la ligne

Éclateur ou parafoudre
Liaison aérosouterraine par câble

Prise de terre du poste
Transformateur HT/BT 100 – 160 ou 250 kVA

Prise de terre du neutre

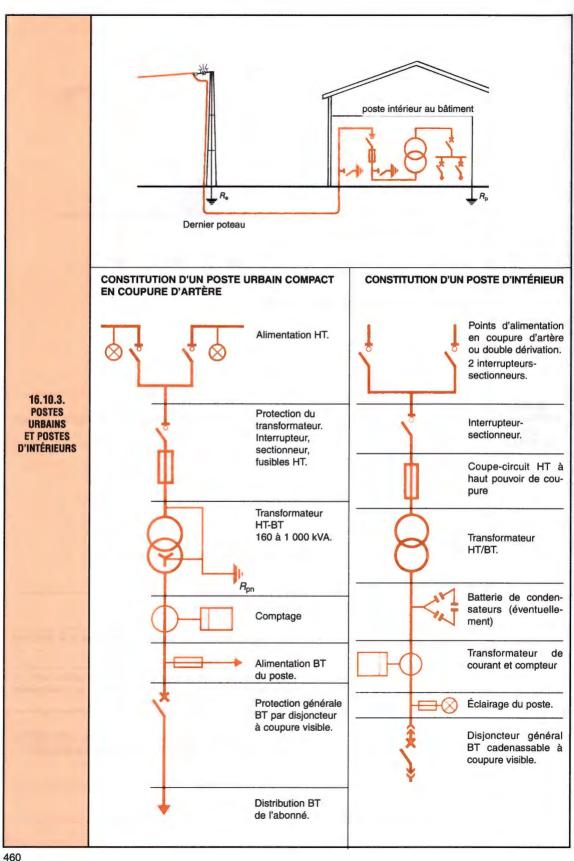
Bloc de mise en court-circuit éventuellement mise à la terre des conducteurs actifs.

Comptage : généralement du type 1, un compteur actif tri tarif ; un compteur réactif double tarif ; un compteur actif à 2 ou 3 indicateurs de maximum de courant appelé ; une horloge.

Disjoncteur BT industriel cadenassable en position ouvert réglé au courant nominal du transformateur (si le comptage est du type 1)

Distribution BT de l'abonné

16.10.2.
POSTES HT/BT
BAS
DE POTEAU



	IB-IMC (avec TC) cellule interrupteur arrivée ou départ	DDM arrivée en double dér	ivation alimenta ritaire se	ation avec arrivée prio- ecours	GAM-GAM2 gaine d'arrivée
	PM-PMC (avec TC) protection des transformateurs	QM-QMC (avec TC) protection des tra mateurs		on générale d'un poste	DM 23 protection générale d'un poste à comp- tage HT
16.10.4. DIFFÉRENTS TYPES DE CELLULES OU FONCTIONS	comptage HT pour poste d'abonné	GIM gaine intercalaire	Cellule parafoudre	SM-SMC (avec TC) arrivée ou départ non protégé	SM2-SM2C (avec TC) arrivée ou départ non protégé
	protection d'un départ ou d'une arrivée	commande d'un gradin de condensateurs	commande et protection des moteurs HT	GMT mesure de tension sur cellule voisine	GMC-GMC2 mesure d'intensité sur jeu de barres
	GCT mesure d'intensité sur jeu de barres et mesure de tension sur cellule voisine	TM1-TM2 transformateur HT/E auxiliaires		entre le jeu de barres as des cellules IM, SM, NSM	GBM2 liaison entre le jeu de barres et le bas des cellules DM12, SM2

### POSTE D'ABONNÉ ■ raccordement HT au transformateur avec ou sans cellule transformateur ■ raccordement basse tension équipement B1 2 cellules cellule arrivées protection PM ou QM IM 2050 TC fournis par le 1500 distributeur d'énergie

■ transformateur
 ■ cellule transformateur
 ■ fosse de récuperation

 caniveau pour départ des câbles basse tension

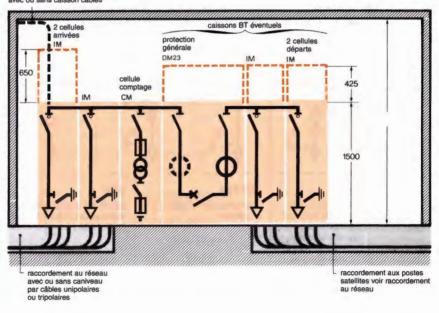
16.10.5.
EXEMPLE
D'IMPLANTATION
D'UN POSTE
D'ABONNÉ ET
D'UN POSTE DE
LIVRAISON HT

### POSTE DE LIVRAISON HT

raccordement au réseau par le haut avec ou sans caisson cables

raccordement au réseau

avec ou sans caniveau par cables unipolaires ou tripolaires



### 17. LES TRANSFORMATEURS

Appareils permettant de faire varier, d'une façon définitive ou provisoire, la tension avec un très bon rendement.

### 17.1. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN TRANSFORMATEUR D'ABONNÉ

(D'après FRANCE TRANSFO)

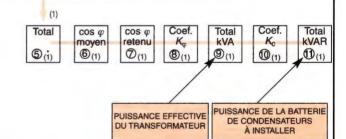
### 17.1.1. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR

### DÉTERMINATION DES BATTERIES DE CONDENSATEURS PAR FAMILLES DE RÉCEPTEURS

0	1	2	3	4	5	6	Ø	8	9	10	0
Familles de récepteurs	PUIS- SANCE INSTAL- LÉE RÉELLE (indiquée sur le récepteur)	COEFF. D'UTILI- SATION (K <sub>U</sub> )	PUIS- SANCE CORRIGÉE (en fonc- tion de l'utilisation)	COEFF SIMUL- TANÉITÉ (K <sub>S</sub> )	PUIS- SANCE MAXI- MALE APPELÉE	COS φ DES RÉCEP- TEURS (avant compen- sation) § 21.5.2.	COS $\varphi$ RETENU PAR FAMILLE DE RÉCEP- TEURS après compensation § 21.5.5.		kVA NÉCES- SAIRES	COEFF. K <sub>C</sub> obtenu à partir de ® et ⑦ Tableau	Nb de kVAR des batteries de condensa- teurs
Eclairage  Incandescence  fluorescence  prises  Chauffage  Transfo. BT/BT  Moteurs  Fours à arc  Poste soudure  Four induction		x x		x x	= (1'						

### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS PAR LA MÉTHODE GLOBALE (indices (1))

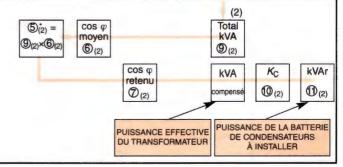
- \* Le total (5) est à corriger éventuellement en fonction de :
- KT § 17.1.8 (Total (5)/KT)
- de l'altitude (majorer Total (5) de 1,5 % par tranche de 500 m de dénivelé audessus de 1 000 m)
- de l'évolution prévisible des besoins
- \* OU de :
- KTU § 17.1.9. (Total (5)/KTU)
- de l'altitude et de l'évolution



### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS À PARTIR DES ESTIMATIONS EN KVA PAR FAMILLES DE RÉCEPTEURS (③ et § 17.1.3.) (indices (2))

Les puissances estimées en VA seront inscrites dans la colonne (9) à partir des indications données § 17.1.3.

\* mêmes corrections que ci-dessus.



17.1.2. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU OU DES TRANSFORMA- TEURS EN FONCTION DES EXIGENCES DE CONTINUITÉ DE SERVICE ET DES CHANGEMENTS DE RÉGIME ÉVENTUELS (cycliques, journallers, saisonniers)	Aucune interruption de service ne peut être tolérée sur toute l'installation.  Continuité de service partielle	chacun, la p précédemm  ou  1 batterie c teurs identinant en para formateur d sance en ré  1 transfo réserve de p tée à celle prioritaires  ou  1 batterie d teurs de p parallèle, o menter les taires mêm défaillance d  ou	rmateur en puissance limi- des circuits  de transforma- puissance, en capable d'ali- circuits priori- e en cas de de l'un d'eux		8 = 8 = 8	+8 +8 +8 +8	
	TYPE DE DISTRIB	UTION	TYPE D'EXP	LOITATION	D	UISSANCE ESTIMÉE EN VA	
	Éclairage fluorescent	UTION	bureaux* atelier*	LOTATION	25 \ 15 \	/A/m <sup>2</sup> /A/m <sup>2</sup> : hauteur plafond 6 m /A/m <sup>2</sup> : hauteur plafond 9 m	
17.1.3. Estimations Des Puissances	Force motrice Dans l'ignorance des réellement installées baser sur les estimatio à reporter dans la « kVA nécessaires » (§ * Dans le cas le plus coinstallation d'éclairage ( $\cos \varphi = 0,86$ )	on peut se ins ci-contre colonne : 3 17.1.1.) burant d'une	bureaux* atelier peinture atelier chaudronr atelier usinage atelier montage atelier expédition traitements therm chauffage conditionnement compresseur d'ai	niques d'air	25VA/m <sup>2</sup> 350 VA/m <sup>2</sup> 450 VA/m <sup>2</sup> 300 VA/m <sup>2</sup> 70 VA/m <sup>2</sup> 50 VA/m <sup>2</sup> 700 VA/m <sup>2</sup> 23 VA/m <sup>2</sup> (ateliers) 22 VA/m <sup>2</sup> 4 VA/m <sup>2</sup>		
	TYPE D'ÉQUIPEN	MENT	EXEMPLE	D'ÉQUIPEMENT		COEFFICIENT D'UTILISATION	
17.1.4. COEFFICIENT D'UTILISATION (Ku)	Équipement industriels ou tertiaires		éclairage ventilation conditionnement fours prises de courant machines-outils compresseurs			1 1 1 1 0,15 0,8 0,8	
	Équipement ménagers	s	éclairage chauffage électric conditionnement chauffe-eau appareils de cuis ascenseur ou monte-charge	d'air		1 1 1 1 0,7 1 0,7 0,7	

	NOMBRE D'ABONNÉS GROUPÉS	COEFFICIENT DE SIMULTANEITÉ	NOMBRE D'ABONNÉS GROUPÉS	COEFFICIENT DE SIMULTANEITÉ	
17.1.5	2 à 4	1	25 à 29	0,46	
COEFFICIENT DE	5 à 9	0,78	30 à 34	0,44	
SIMULTANEITÉ (Ks)	10 à 14	0,63	35 à 39	0,42	
(1/2)	15 à 19	0,53	40 à 49	0,41	
	20 à 24	0,49	50 et au-dessus	0,40	
17.1.6. CHARGES CUMULÉES PAR FAMILLE DE RÉCEPTEURS	Charges cumulées (%) 100  Charges cumulées par famille de récepteurs en fonction du temps  Charges cumulées par famille de récepteurs en fonction du temps  Charges cumulées par famille de récepteurs en fonction du temps  Charges cumulées par famille de récepteurs en fonction du temps  Charges cumulées chauffage de base chauffage de base chauffage d'appoint éclairage				
17.1.7. PUISSANCE DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS À INSTALLER POUR OBTENIR UN COS $\varphi$ DÉTERMINÉ	<ul> <li>Pour obtenir la puissance de la batterie de condensateurs à associer à chaque famille de récepteu multiplier la puissance appelée en kW par le coefficient correspondant à son cos φ (K<sub>C</sub> § 21.5.5.)</li> <li>La compensation d'énergie réactive peut aussi se faire globalement.</li> <li>Des systèmes de régulation permettent de ne mettre en service que des éléments nécessaires à un ir tant donné pour assurer la compensation.</li> <li>Dans ce cas, partir du cos φ moyen de l'ensemble des récepteurs :</li> <li>cos φ moyen = Puissance maxi théorique (kW) Puissance effective (kVA)</li> <li>Remarque :</li> <li>Pour les installations de type industriel, EDF préconise un cos φ ≥ 0,86</li> </ul>				
	TEMPÉRATURE AMBIANTE (MOYENNE ANNUELLE)		KT = PUISSANCE ADMISSIBLE		
			PUISSANC	E NOMINALE	
	0 °C		1,16		
	10 °C		1,08		
	10 °	C	1,0	В	
	10 °0 20 °0		1,0	8	
	20 °	С	1		
	20 °( 30 °	c c	1 0,9	1	
	20 °	c c c	1 0,9 0,8	1 2	
17.1.8. TEMPÉRATURE	20 ° 30 ° 40 °	c c c	1 0,9	1 2	

\* Les transformateurs sont régis par la Norme CE 354 en ce qui concerne les problèmes de surcharge

On peut donc en fonction de la température, augmenter ou diminuer la consommation fournie par le trans-

basés sur une consommation moyenne qui fixe la durée moyenne de vie. Ce transformateur est construit pour une ambiance annuelle moyenne de 20°C.

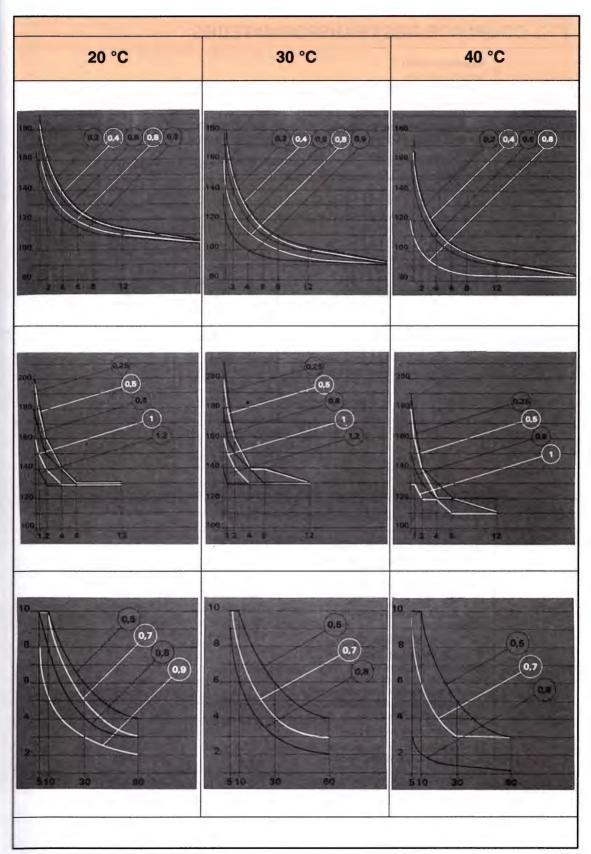
 $(K_T)$ 

formateur.

### 17.1.9. CYCLES D'UTILISATION (COEFFICIENT KTIL) TEMPÉRATURE AMBIANTE 0°C 10 °C Moyenne pondérée pendant le cycle considéré SERVICE CYCLIQUE JOURNALIER = CHARGES **ET SURCHARGES ADMISSIBLES\*** 0.2 (0,4) 0,0 (0,8) Note: il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6). Charges et surcharges en % de la puissance nominale (ne pas dépasser 150 %) Durée des charges et surcharges en heures SERVICE DE SECOURS **SURCHARGES TOLÉRABLES\*\*** Note: il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6.). Charges en % de la puissance nominale Durées des surcharges en heures SURCHARGES BRÈVES ADMISSIBLES (Valeurs approximatives) 0,7 Note: il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6). Charges en multiples du courant nominal 1,1 Durées des surcharges en secondes

<sup>\*</sup> Correspondant à une consommation journalière normale de vie selon CEI 354 - 1972

<sup>\*\*</sup> Selon CEI 354 - 1972 pour une température du chaud des enroulements inférieure ou égale à 140 °C

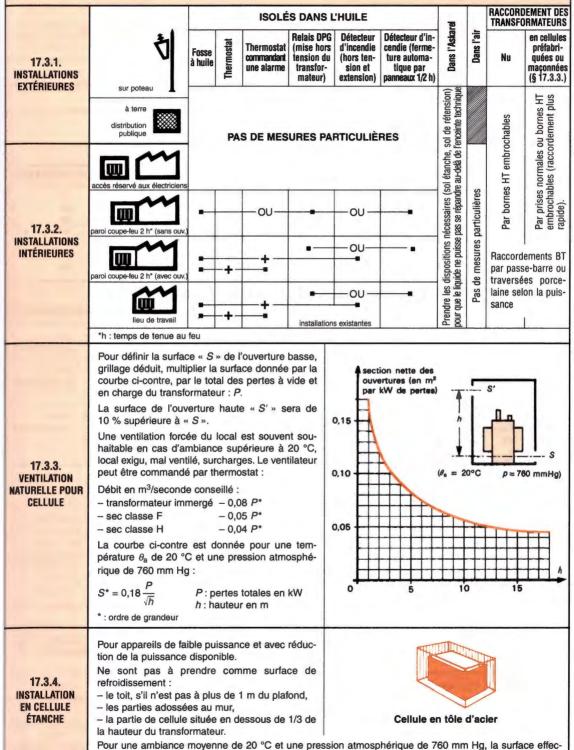


### 17.2. COUPLAGE DES TRANSFORMATEURS Repérage côté HT: Lettres majuscules Y = étoile, D = triangle, Z = zig-zag 17.2.1. Repérage côté BT : DÉSIGNATION Lettres minuscules **DES COUPLAGES** y = étoile, d = triangle, z = zig-zag Le chiffre indique l'indice horaire du couplage. COUPLAGE Y - yn - O Dz 10 Yy 0 Dd 6 Yd 5 Yz 5 150° 17.2.2. **COUPLAGE DES** Yy 6 Dz 6 TRANSFOR-Dz 10 180 MATEURS TRIPHASÉS Yd 11 330° En rouge : les couplages normalisés UTE, NFC 52-100 Soit le montage ci-contre, on mesure les tensions composées côté BT (Uab, Ubc, Uac) et les tensions mixtes entre BT et HT (UaB, UaC, UDA, UDB, UDC, UCA, UCB, UCC). À partir de ces relevés on peut tracer le diagramme. Les tensions composées Uab, Ubc et Uac permettent de tracer le tri-17.2.3. angle abc. Par construction les DÉTERMINATION potentiels A et a sont identiques. DE L'INDICE Tous les arcs de cercle de centres **HORAIRE PAR LA** a, b et c et de rayons AB, aB, bB et MÉTHODE DES cB se coupent au point B. ÉLECTRICIENS Même construction pour le point C. 12 AB Le déphasage entre les vecteurs $\vec{U}_{ab}$ et $\vec{U}_{AB}$ indique l'indice horaire de 1 h.

### 17.3. INSTALLATION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ EXIGÉS PAR LES NORMES CEI ET C 15-100

(D'après FRANCE TRANSFO)



tive de refroidissement à prévoir doit être de : 6,3 m² par kW de pertes totales.

### 17.4. INSTALLATION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

MESURES A PRENDRE CONTRE LES BRUITS DUS AUX TRANSFORMATEURS

(D'après FRANCE TRANSFO)

17.4.1. BRUITS		LOCAL TECHNIQUE Indépendant	Pas de mesures spéciales à prendre		
		LOCAL TECHNIQUE JOUXTANT BUREAU, HABITAT, CHAMBRE DE MALADE	Silent bloc     Si possible, dalle flottante plus insonorisation du local et des ouvertures      Silent bloc     Si possible, dalle flottante		
		PAS DE LOCAL TECHNIQUE OU LOCAL JOUXTANT L'ATELIER PEU BRUYANT			
	- Pression acoustique* ramenée à une surface hémisphérique de rayon 3 m.  - Niveaux limites : y compris la tolérance de 2 dB pour une erreur de mesure sur le transformateur (type cabine seulement).  * selon EDF HN 52-02		PUISSANCE EN KVA	NIVEAUX LIMITES EN dB	
17.4.2. NOMBRE DE DÉCIBELS			25 50 100 160 250 400 630	30 34 38 41 44 47 49	

### 17.5. PROTECTION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

(D'après FRANCE TRANSFO)

17.5.1. PROTECTION CONTRE LES DÉFAUTS INTERNES	Baisse de niveau du diélectrique ou dégagement gazeux	détection	<ul> <li>▶ bloc de détection → DG</li> <li>de Dégagement Gazeux ou équivalent</li> </ul>		
		détection plus protection automatique	bloc de détection DG de Dégagement Gazeux ou équivalent plus appareil de coupure		
	Baisse de niveau du diélectrique ou déga- gement gazeux plus sur- pression dans la cuve des transformateurs à remplissage total ou intégral	détection plus; protection automatique	bloc de détection DGP de Dégagement Gazeux ou équivalent plus appareil de coupure plus Pressostat		
		détection plus	bloc de détection DGPT de Dégagement Gazeux ou équivalent plus appareil de coupure plus Pressostat plus Thermostat à 1 ou 2 contacts plus 1 thermomètre sans contact		
17.5.2 PROTECTION CONTRE LES CONTRAINTES EXTERNES	Surtensions d'origine atmosphérique ou de fausses manœuvres	protection ———	<ul> <li>parafoudre (HT) limiteur de surtension (BT)</li> </ul>		
	Surcharges côté utilisa- tion	détection	thermomètre*		
		détection ————————————————————————————————————	thermomètre* ou thermostat* à deux contacts plus appareil de coupure		
	Court-circuit	protection	disjoncteurs ou fusibles		
	Détérioration du diélec- trique (transformateurs respirants)	protection —	assécheur d'air ou/et conservateur		
			lonner l'image des températures internes des enroulements e dépend de la température ambiante.		

#### 17.6. QUESTIONS SUR LES TRANSFORMATEURS BASSE TENSION (D'après LEGRAND) **AVANTAGES D'UN** Ce transformateur est construit de manière à obtenir une séparation TRANSFORMATEUR électrique sûre entre les enroulements primaire et secondaire **DE SÉPARATION** (source et utilisation). **DES CIRCUITS** Pas de danger d'électrocution en cas de défaut sur une phase (4 000 V (NFC 52-220) entre primaire et secondaire). Mesure A1 de la Norme C 15-100. 8 Un transformateur de sécurité est destiné à alimenter un circuit de **AVANTAGES D'UN** distribution, un appareil d'utilisation ou un autre équipement en très de sécurite TRANSFORMATEUR basse tension de sécurité (≤ 50 V). DE SÉCURITÉ Le contact sur les deux phases peut être supporté sans danger, (NFC 52-210) même en milieu conducteur. Mesure A2 de la Norme C 15-100. séparation des circuits terre Transformateur de la classe 0 Transformateur avant une isolation fonctionnelle (assurant le fonctionnement convenable et la protection fondamentale) sans dispositif permettant le raccordement des parties métalliques accessibles à un conducteur de protection. Doit être obligatoirement utilisé à l'intérieur d'une enveloppe Transformateur de la classe I Transformateur nu ou protégé ayant une isolation fonctionnelle et PROTECTION DES PERSONNES permettant le raccordement des parties métalliques accessibles à la **CONTRE LES** CONTACTS Ces appareils doivent être munis d'une borne terre de résistance INDIRECTS inférieure ou égale à $0.1 \Omega$ . Transformateur de la classe II Transformateur dont les parties accessibles sont séparées des parties actives par une double isolation ou une isolation renforcée. Le raccordement à un conducteur de protection est interdit double isolation: Isolation fonctionnelle + isolation supplémentaire Isolation renforcée: Isolation fonctionnelle améliorée, équivalente à la double isolation PROTECTION PAR CARTOUCHES Pour chaque transformateur référencé, un tableau recommande la **FUSIBLES DES** référence des cartouches à employer (§ 17.7). gG TRANSFORMATEURS secondaire primaire : aM (accompagnement Moteur) **CONTRE LES** secondaire : gG (usage général) COURTS-CIRCUITS C'est la puissance apparente, exprimée en VA, et qui correspond aux conditions nominales de tension, **PUISSANCE** intensité et fréquence à $\cos \omega = 1$ **NOMINALE D'UN** La puissance réelle d'utilisation, exprimée en watts, dépend du facteur de puissance (cos q) de l'installa-TRANSFORMATEUR tion concernée. $P = S \cos \varphi$ Le Norme sur les TMO impose une chute de tension maximum de Classa F PUISSANCE 3 % pour un cos v de 0.45, ce qui conduit à surdimensionner les rc. D'ÉCHAUFFEMENT 1209 transformateurs. Puissance d'échauffement D'UN (100 VA) La puissance d'échauffement est la puissance admissible compa-85 TRANSFORMATEUR tible avec la classe de température des isolants. (63 VA) **POUR** Exemple: TMO classe E **MACHINES-OUTILS** - Puissance nominale: 63 VA (TMO) Puissance d'échauffement : 100 VA

CHUTE DE TENSION DANS UN TRANSFORMATEUR	C'est la différence entre la tension secondaire à vide et la tension secondaire en charge, généralement expri- mée en pourcentage de cette dernière	$\Delta U\% = \frac{\begin{pmatrix} U \text{ secondaire} \\ \text{à vide} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} U \text{ secondaire} \\ \text{en charge} \end{pmatrix}}{U \text{ secondaire}} \times 100$
UTILISATION D'UN Transformateur 50 Hz en 60 Hz	Cette utilisation entraîne une légère modification de cert les pertes fer mais sans incidence importante sur le fo	
RÉVERSIBILITÉ COMPENSÉE	Si le transformateur idéal est réversible, il n'en est pas de même pour le transformateur réel qui voit apparaître une certaine chute de tension due aux pertes. Pour rendre à un transformateur sa réversibilité, on ajoute des spires sur l'un des enroulements. Cette technique permet de « compenser » la perte de tension.	Transformateur non compensé :  230 V  L'alimentation en 230 V donnera du 400 V. L'alimentation en 400 V ne donnera au maximum que du 210 V par exemple.  Transformateur compensé :  0  alimentation U  utilisation V  L'alimentation en 230 V donnera du 400 V.
	l'utilisation (nombre de spires supérieur pour l'utilisation en 230 V).  C'est une sortie qui se trouve au milieu de l'enroulement secondaire et qui est destinée à être raccordée à la masse.  La tension secondaire entre un fil d'utilisation et la masse sera égale à la moitié de la tension nominale	L'alimentation en 400 V ne donnera du 230 V que sur la prise d'utilisation.  PM primaire primaire primaire
TRANSFORMATEUR À POINT MILIEU SORTI (PM)	Exemple:  pour une mise à la masse accidentelle sur un transformateur dont la tension secondaire est de 115 V~:  - sans point milieu sorti:  - il y a 0 V ou 115 V entre le fil d'utilisation et la masse.	Sans point milieu sorti :
	<ul> <li>avec point milieu sorti :</li> <li>il y a 57,5 V entre le fil utilisation et la masse, cette tension est très proche de la Très Basse Tension, donc pratiquement sans danger pour l'utilisateur.</li> </ul>	Avec point milieu sorti :
IMPRÉGNATION DU TRANSFORMATEUR	L'imprégnation a pour but d'éviter la pénétration d'humidit à l'aide d'un vernis. Ce traitement permet de maintenir l échanges thermiques, donc un meilleur refroidissement.	
TROPICALISATION D'UN TRANSFORMATEUR	La tropicalisation se fait sur demande spéciale. C'est un ensemble de traitements destinés à protéger le reparticuliers: — Conditions climatiques extrêmes (chaleur, — Humidité importante, risque d'eau — Risques de champignons, rongeurs, termi — Contraintes physiques (vibrations, chocs,	froid)

## 17.7. DÉTERMINATION APPROCHÉE DE LA PUISSANCE D'UN TRANSFORMATEUR D'ÉQUIPEMENT

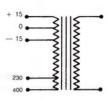
(D'après LEGRAND)

17.7.1. **PUISSANCE** DU TRANSFORMATEUR La puissance du transformateur dépend :

- de la puissance maximum nécessaire à un instant donné,
- de la chute de tension.
- du facteur de puissance.

#### On considère d'une facon générale :

- que deux appels ne peuvent se produire simultanément,
- que le cos  $\omega$  à l'appel est de 0.45.
- qu'au maximum, 70 % des appareils sont au maintien en même temps.



17.7.2. **DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE** D'APPEL

$$P_{\text{appel}} = 0.8 \left( \sum P_{\text{m}} + \sum P_{\text{v}} + P_{\text{a}} \right)$$

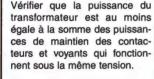
 $\Sigma P_{\rm m}$ : somme de toutes les puissances de maintien des contacteurs

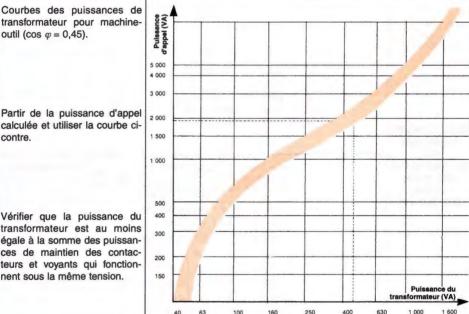
 $\Sigma P_{v}$ : somme de toutes les puissances des voyants

Pa: puissance d'appel du plus gros contacteur

Courbes des puissances de transformateur pour machineoutil (cos  $\varphi = 0,45$ ).

Partir de la puissance d'appel





17.7.3. **APPLICATION** DÉTERMINATION NII'G TRANSFORMATEUR POUR **MACHINE-OUTIL** 

#### Exemple:

contre.

Une armoire de commande comporte:

- 10 contacteurs pour moteurs de 2,2 kW,  $P_{\rm m} = 7,5 \text{ VA}$
- 4 contacteurs pour moteurs de 18,5 kW,  $P_{\rm m}$  = 32 VA
- -1 contacteur pour moteur de 132 kW,  $P_{\rm m}$  = 84 VA,  $P_a = 1830 \text{ VA}$
- 25 relais de télécommande  $P_{\rm m} = 4 \text{ VA}$
- 45 voyants signalisation  $P_{\rm v} = 1 \text{ VA}$

Calcul de la puissance d'appel :

$$P_{\rm m} = 7.5 \times 10 = 75 \text{ VA}$$
 $32 \times 4 = 128 \text{ VA}$ 
 $84 \times 1 = 84 \text{ VA}$ 
 $4 \times 25 = 100 \text{ VA}$ 
 $87 \text{ VA}$ 
 $P_{\rm v} = 1 \times 45 = 45 \text{ VA}$ 
 $P_{\rm a} = 1830 \text{ VA}$ 

1 810 VA

La courbe donne ~

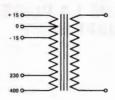
400 VA

#### Contrôle:

70 % des appareils sont sous tension simultanément soit :

 $0.7(387 + 45) \simeq 300 \text{ VA}$ 

Le transformateur choisi est donc de puissance suffisante.







TMO 230 400 ± 15 V/115 PM 230-400 ± 15 V/230 PM 230-400 ± 15 V/24-48 CNOMO-TFCC 230-400 ± 15 V/115 TMFC 230-400 ± 15 V/230 TSFC 230-400 ± 15 V/24

CNOMO: (E.03.22.210.N): norme concernant la construction automobile. Comité de Normalisation Outillage Machines-Outils.

NUS-TMO (Transformateurs de machines-outils nus)

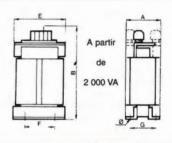
Classe I

Chute de tension limitée à 3 % pour cos  $\varphi$  = 0,45 Tensions d'isolement : – entre enroulements : 4 000 V

- entre enroulements et masse : 2 000 V

Isolant classe E





17.7.4.
TRANSFORMATEURS
MONOPHASÉS
POUR
MACHINES-OUTILS
(NFC 79-110)
CNOMO
(E.03.22.210.N)

	Puis-	Pertes à vide		ute nsion	Rend	ement	U <sub>ce</sub> Poids					(mm)			
	(VA)	(W)	cos φ1	cos φ 0,45	cos φ1	cos φ 0,45	%	(kg)	A	В	E	F	mini	maxi	Ø
	40	6	6,2	2,9	0,82	0,70	6,2	1,9	84	84	122	67,5	64	110	5
Encombrements	63	11	3,2	1,8	0,83	0,72	3,3	3	96	92	132	82,5	74	120	5
	100	12,5	4	2,1	0,85	0,75	4	3,7	108	102	135	95	84	120	5
	160	16	4,5	2,6	0,87	0,77	4,6	4,6	108	102	145	90	94	130	7
	250	21	4,3	2,3	0,89	0,80	4,5	6,3	126	116	137	105	93	121	7
	400	26	4,5	2,6	0,90	0,82	4,6	7,5	150	145	146	127,5	80	131	7
	630	35	4,2	2,2	0,91	0,84	4,4	10,2	150	145	155	127,5	89	140	7
	1 000	40	2,9	2	0,93	0,86	3,1	17,4	180	164	175	150	89	151	9
	1 600	55	2,3	1,5	0,95	0,90	2,5	24	180	164	204	150	118	180	9
	2 000	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	27	180	367	127	160	10	)2	9
	2 500	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	28	180	367	127	160	10	)2	9
	3 150	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	31	220	397	140	180	11	11	9
	Puis	sance	P	rimaire	aM 10	× 38				Secon	daire o	G 10 ×	38		

	Puissance	Primaire a	$M10 \times 38$		Secondaire	gG 10 × 38	
	(VA)	230 V	400 V	24 V	48 V	115 V	230 V
	40	0,25	0,16	2	2	1	1
	63	0,5	0,25	4	2	1	1
Choix des cartouches en A	100	1	0,5	4	2	2	1
	160	1	0,5	8	4	2	2
	250	2	1	10	6	4	2
	400	2	2	16	8	4	2
	630	4	2	25	16	6	4
	1 000	6	4	40*	20	10	6
	1 600	8	6	63**	32*	16	8
	2 000	10	6	80**	40*	20	10
	2 500	12	8	100**	50*	25	12
	3 150	16	10	125**	63**	32*	16

\* gG 14 × 51 \*\* gG 22 × 58

## 17.8. CHUTE DE TENSION D'UN TRANSFORMATEUR

(D'après LEGRAND)

Les courbes de chute de tension donnent pour chaque puissance nominale de transformateur, la tension disponible au secondaire en fonction de la puissance réellement demandée.

En effet, pendant un temps assez court lors de l'appel d'un contacteur ou pendant quelques minutes dans le cas d'utilisations particulières, la puissance demandée au transformateur peut être très supérieure à la valeur nominale.

Cette augmentation de puissance entraîne une diminution de la tension disponible.

Cette baisse de tension peut être incompatible avec le bon fonctionnement de l'appareil alimenté, par exemple : une tension intérieure à 10 % de la valeur nominale peut entraîner la destruction d'un contacteur. Il est donc important, pour un  $\cos \varphi$  donné, de connaître a l'avance la tension qui sera disponible lorsque la puissance du transformateur dépassera sa valeur nominale.

#### Exemple:

**COURBES DE** 

CHUTE DE

**TENSION DES** 

TRANSFORMATEURS

Pour commander un moteur de 132 kW, il faut utiliser un contacteur avec :

 $P_{\rm a} = 980 \text{ VA et } P_{\rm m} = 75 \text{ VA}.$ 

Sur la courbe (Fig 1), on s'aperçoit qu'avec 980 VA de  $P_a$ , il faut au minimum un transformateur de 250 VA.

À cet instant la tension aux bornes du transformateur chutera pendant un temps très court de 110 à 106 V soit 4 %.

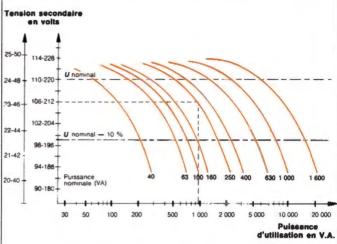


Fig. 1 – Courbes de chute de tension des transformateurs de machines-outils pour  $\cos \varphi$  0,45

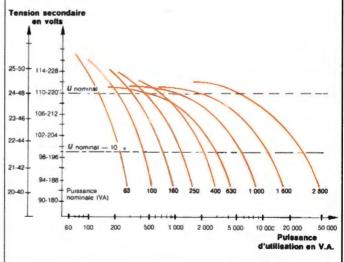


Fig. 2 – Courbes de chute du tension des transformateurs de sécurité et de séparation des circuits pour cos  $\varphi$  0,45

Ces courbes sont établies pour un réseau à tension nominale. elles ne tiennent pas compte des variations possibles de la tension d'alimentation

nations possibles de la tension d'alimentation

1	7.9. GUIDE I	DE CHOIX D'U	NTRA	NSFO	RMATE	JR		-13-1	
	APTITUDES	Forme et aspect	Puissance	-		-			
			ruissaille	Pertes à vid	e				
	TYPE				Tensions prima			/olts)	
						Chute de		D	
						COS	φ	Rende	
			<b>Y</b>	*	*	1	0,45	1	0,45
		*	VA	W	V	%	%	%	%
			10	3		18		75	
	TSO		16	3		20		77	
50 V	Transformateur de sécurité de	<b>\$</b> 20	25	3	230/12-24	19		77	
W	classe 0		40	4		15		85	
H H H			63	6,3		18		81	
SÉCURITÉ			63	6		13	6	81	74
S			100	8	230-400/	8,5	3,7	86	81
DE	TSP - TSN	TSN	160	10	24-48	8,4	3,7	88	82
MONOPHASÉS DE	Transformateur	War and	250	14		8,4	3,7	88	83
TAS	de sécurité		400	23	230-400/	6,3	2,7	89	84
ㅎ	protégé		630	33	24-48	4,9	2,2	90	85
Š	nu	TSP	1 000	30		3,5	1,5	93	90
ž	100		1 600	30	230/12	4,9	2,3	93	91
			2 500	40		3,9	1,7	94	93
S			63	4		18,5	9,6	80	75
5			100	8		8,5	3,7	86	81
2		TSCN	160	10	230-400/230	8,4	3,7	88	82
S	TSCP - TSCN	4	250	14		8,4	3,7	88	83
z	Transformateur	B. Val	400	23		6,3	2,7	89	84
SÉPARATION - CIRCUITS	de séparation	jusqu'à 1 000 VA	630	33		4,9	2,2	90	85
IR.	des circuits protégés		1 000	30	230/400	3,5	1,5	93	90
ÉP/	nu		1 600	30	réversible	4,9	2,3	93	91
S		TSCP	2 500	40		3,9	1,7	94	91
9			4 000	83	000/445	3,5	1,3	94	92
MONO		4	6 300	130	230/115- 230	2,7	1,2	94	93
		1 600 à 10 000 VA	10 000	180		2,3	1	96	93
		4	400 630	15 25		10 8		88 89	
2			1 000	30		6		91	
A			1 600	50		5,5		93	
AN	TTP – TTN Transformateur		2 500 4 000	50 75		7,5		93 94	
ST	triphasé	73	6 300	108		6 4,6		94	
ÉS	protégé		10 000	150		5,6		94	
TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS STANDAR	nu	TTN	12 500	240		5,4		93	
E P	200		16 000 20 000	340 330		5 4,8		94 94	
3 TF			25 000	330	0 à 500 V	3,9		95	
JRS			31 500	480		3,7		95	
TE			40 000 50 000	480 700		3 4,2		96 95	
MA	Commission of the last	4	63 000	700		3,95		98	
OR	TTE		80 000	1 000		3,4		95	
ISF	Transformateur triphasé	ΠE	100 000	1 000		3		95	
AA	étanche		125 000 160 000	900 900		2,32 1,81		96 96	
F		-	200 000	1 025		1,80		96	
			250 000	1 025		1,44		96	

Tension	de court-circuit <i>U</i> <sub>cc</sub> Schéma de principe		
		Caractéristiques techniques	
+			
%	*	<b>Y</b>	APPLICATIONS ET REMARQUES
		- Classe 0 à enveloppe isolante - Tension d'isolement : - entre enroulements : 4 000 V - Isolant classe E	<ul> <li>Installations lumières TBT de sécurité (sonneries)</li> </ul>
13,5 8,7 8,5 8,5 6,4 4,9 3,6 5		- Prévus pour poste fixe: - Classe I pour 1 600 et 2 500 VA - Classe II jusqu'à 1 000 VA - Tensions d'isolement: - entre enroulements 4 000 V - entre enroulements et masse 2 000 V - Isolant classe B - Surmoulé IP 55, IK 07 jusqu'à 1 000 VA - Capot monobloc IP 21, IK 08 à partir de 1 600 VA	Appareils à séparation des circuits     Livrés avec barrettes de couplage     Conformes à la norme EN 60 742
19,6 8,7 8,5 8,6 6,4 4,9 3,6 5 4 3,6 2,8 2,4		- Prévus pour poste fixe: - Classe I pour 1 600 VA - Classe II jusqu'à 1 000 VA - Tensions d'isolement: - entre enroulements: 4 000 V - entre enroulements et masse: 2 000 V - Isolant classe B: - protégés IP 21, IK 08 à partir de 1 600 VA - surmoulés IP 55, IK 07 jusqu'à 1 000 VA - température ambiante 35 °C	Appareils à séparation des circuits     Livrés avec barrettes de couplage     Conformes à la norme EN 60 742
2,4 10,2 8,2 6,3 5,8 7,7 6,2 4,8 5,6 5,2 5,2 5,4,1 3,9		Classe I  - Tension d'isolement :  - entre enroulements : 4 000 V  - entre enroulements et masse : 2 000 V  - Isolants :  - Classe B jusqu'à 1 600 VA, température 35 °C  - Classe H à partir de 2 500 VA, température 40 °C  - Protégé par carter IP 21, IK 08	Appareils à séparation des circuits     Prévus pour poste fixe     Anneaux de levage à partir de 2 500 VA     Conforme à la norme EN 60 742
3,6 4,6 4,3 4 3,6 2,9 2,4 1,9		- Classe I Tension d'isolement : - entre enroulements 4 000 V - entre enroulements et masse 2 000 V - Isolants : - Classe B jusqu'à 1 600 VA, température 35 °C Classe H à partir de 2 600 VA, température 40 °C - Étanche IP 54, IK 08	Appareils à séparation des circuits     Prévus pour poste fixe     Anneaux de levage à partir de 2000 VA     Conforme à la norme EN 60 742

G	UIDE DE CI	HOIX D'UN TR	ANSFO	RMA1	EUR				
-	APTITUDES	Forme et aspect	Puissance						
	TVDE			Pertes à vi	te   Tensions prima	ire at car	ondaire (	(olte)	
	TYPE				Tensions prime	Chute de		i Oitoj	
						cos	φ	Ren	dement
								cos	
			, v	w	V	1 %	0,45	1 %	0,45
	V		VA	6	V	6,2	2,9	82	70
			40 63	11		3,2	1,8	83	72
			100	12,5	230-400/115	4	2,1	85	75
S			160	16		4,5	2,6	87	77
릵	TMO		250	21		4,3	2,3	89	80
3	Transformateur	BESSE	400	26	230-400/230	4,5	2,6	90	82
5	de machines-outils -		630	35		4,2	2,2	91	84
岁	NU	A COM	1 000	40		2,9	2	93	86
ÉQUIPEMENT DE MACHINES-OUTILS		Ma V rail	1 600	55		2,3	1,5	95	90
¥			2 000	65	230-400/	2,8	1,9	96	91
- W			2 500	65	24-48	2,8	1,9	96	91
0			3 150	65		2,8	1,9	96	91
Z			63	15		3,4	1,8	79	65
2		A Comment	100	19		4	2,1	81	68
<u>_</u>	CNOMO	CONTRACTOR OF THE PARTY OF THE	250	30		4,3	2,4	86	76
8	TFCC		400	34	230/400	4,6	2,7	89	80
Ū.	TMFC TSFC		630	42		4,2	2,8	91	83
	1310	Contract of the second	1 000	51		2,9	2	93	86
			1 600	65		2,5	1,8	94	88
	7.0		63	6		12		86	
			100	8		8		87	
			160	18	0 à 500 V	7		88	
		•	250	16	0 4 555 1	5		90	
								91	
		TMD	400	25		3,6		91	
0		( TO THE STATE OF	63	6		12		86	
AB		- Book	100	8		8		87	
무			160	10		7		88	
T			250	14	0 à 500 V	5		90	
SS	TMP	A STATE OF THE STA	400	23		3,6		91	
SÉ	Transformateur	100 4.00	630	33		2,9		93	
TRANSFORMATEURS MONOPHASÉS STANDARD	monophasé	TMN	1 000	30		2,6		94	
9	protégé		1,6 kVA	30		4,9		93	
6	et	-	2	40		4,6		94	
× ×			2,5	40		3,9		94	
4	TMN		3	84		3,7		94	
回	Transformateur		4	84		3,5		94	
A	monophasé nu		5	130		3,1		94	
E I	IIu		6,3	130		2,7		94	
SFC		TMD	8	180		2,4		95	
Ž			10	180	0 à 500 V	2,3		96	
E			12,5	216		4,8		94	
-			16	216		4,2		94	
			20	310		4		95	
			25	310		3,3		95	
			31,5	450		4,8		95	
			40	450		4,2		95	
			50	670		4		95 96	
		TMN	63	670		3,4		90	

ension	de court-circuit U <sub>cc</sub>		
	Schéma de principe		
		Caractéristiques techniques	
	100		
Y			
%	V	V V	APPLICATIONS ET REMARQUES
6,2 3,2		- Classe I	-Tensions secondaires par couplag
4		Tensions d'isolement :     entre enroulements : 4 000 V	série-parallèle  - Pour signalisation ou organes de com
4,6		- entre enroulements et masse : 2 000 V	mande
4,5		- Isolant classe B	- Appareils à séparation des circuits
4,6 4,4		- Température ambiante 35 °C	Livrés avec une barrette de couplage
3,1	· 15 0		
2,5	-150		
3			
3	<b> </b>		
3,4	230 0	- Classe I	TFCC : circuit de commande
4	400 0	- Tensions d'isolement :	TMFC : circuit de commande
4,4		- entre enroulements : 4 000 V - entre enroulements et masse : 2 000 V	TSFC : pour signalisation
4,7		- entre enrouiements et masse : 2 000 v     - Isolant classe B	Homologues E 03-22 210-N, norme automobile CNOMO
4,4		- Protection par fusibles incorporés	Suivant norme EN 60 742
3,1		- Température ambiante 35 °C - Échauffement classe E	
			À secol merables
12		- Isolant classe F - IP 20, IK 08	- À capot monobloc
8		- Classe II	
7,1		Tensions d'isolement :  entre enroulements : 4 000 V	
5,1		- entre enroulements et masse : 2 000 V	
3,6		the analysis of the second	
12		- Isolant : classe B jusqu'à 3 150 VA	- Cuirassé
8 7,1		- Tensions d'isolement : - entre enroulements : 4 000 V	- Appareil à poste fixe
5,1		- entre enroulements et masse : 2 000 V	
3,7			
3,1			
2,8			
5		<ul> <li>Isolant classe E jusqu'à 4 000 VA</li> </ul>	- Sous carter
4,7	}  €	<ul><li>Isolant classe H &gt; 4 000 VA</li><li>IP 20, IK 08</li></ul>	- Anneaux de levage
4	\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	- Classe II jusqu'à 1 000 VA	
3,8 3,6	}  _	- Classe I à partir de 1 600 VA	
3,2			
2,8			A A
2,6			
2,4 5		<ul> <li>Isolant classe B jusqu'à 3 150 VA</li> <li>Isolant classe H &gt; 4 000 VA</li> </ul>	A colonnes     Appareil à poste fixe
4,4		- Tension d'isolement :	- Appareir a poste like
4,2		- entre enroulements : 4 000 V	
3,5		- entre enroulements et masse : 2 000 V	
5			
4,4 4,2			
3,6			

#### **GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR APTITUDES** Forme et aspect **Puissance** Pertes à vide Tensions primaire et secondaire Volts TYPE Chute de tension cos ø Rendement cos q 0,45 0,45 VA W 8.5 85 80 3 86 5 8.5 150 6 89 250 6 5.5 89 350 7,5 5 90 10 500 OMN 92 4 **AUTOTRANSFORMATEURS MONOPHASÉS** 750 15 Autotransfo ППП 3.5 93 1 000 16 monophasé 95 1 500 25 1.8 nu 35 1.5 96 2000 230/400 1.3 96 3 150 45 réversible 4 000 55 0,65 97 98 6 300 75 0.40 115/230 8 000 55 1,57 97 réversible 2.04 97 10 000 55 95 12 500 110 2,67 96 2,34 16 000 110 OMP 96 20 000 120 3,13 Autotransfo 96 25 000 110 2,98 monophasé 95 31 500 170 3,15 protégé 40 000 170 3.82 95 250 2.99 95 50 000 250 97 63 000 2.73 5,73 91 630 9 1 000 4.24 93 13 1 600 22 3,24 94 2 000 32 2.81 94 95 STANDARD 2 500 32 2,29 OTN 95 40 2,65 3 150 Autotransfo 96 4 000 40 2,34 triphasé 55 2.95 95 5 000 nu 6 300 55 2,70 95 2,33 95 8 000 76 TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS 10 000 76 2.29 95 1,78 96 15 500 120 400/230 16 000 120 1,55 97 réversible 97 2,26 20 000 170 25 000 170 1,87 96 97 31 500 200 2,85 96 40 000 200 3,04 50 000 215 3,15 96 OTP 2,79 96 Autotransfo 63 000 250 97 triphasé 80 000 390 2,10 97 protégé 390 2,81 100 000 125 000 550 1,81 97 98 1,74 160 000 550 850 1,45 98 200 000 1,49 98 250 000 850 100 10 SÉCURITÉ 250 18 400 22 BS 24: 24 V 630 30 **BS 24 BSM 24 V** 750 30 BSM DE 100 10 250 18 BS 230: **BS 230** BLOCS 230 V 400 22 630 30 1 000 1 600

	de court-circuit <i>U</i> <sub>cc</sub> Schéma de principe		
		Caractéristiques techniques	
<b>V</b>			
%	*	*	APPLICATIONS ET REMARQUES
10,5 10,5 7 6,5 6 4,5 4 2 1,9 1,5	• — — °	- Classe I - Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C - Classe H à partir de 5 000 VA, température 40 °C - Tension d'isolement : - entre enroulements et masse 2 000 V	- Puissance : de 3 150 à 63 000 VA - Prévus pour poste fixe - À colonnes à partir de 10 000 VA - Réversibilité compensée - Avec anneaux de levage à partir de 2000 VA - Suivant norme EN 60 742
0,9 1,87 2,46 3,23 2,78 3,28 3,09 3,35 3,86 3,18 2,76		- Classe I - Classe B jusqu'à 3 150 VA, température 35 °C - Classe H à partir de 4 000 VA, température 40 °C - Tension d'isolement : - entre enroulements et masse : 2 000 V - Surmoulés IP 40 IK 08 jusqu'à 2000 VA - Sous carter IP 21 IK 08 à partir de 3 150 VA	- Puissance : de 80 à 63 000 VA - Prévus pour poste fixe - Réversibilité compensée - Avec anneaux de levage à partir de 2000 VA - Suivant norme EN 60 742 - Existe en version étanche (OME) IP 54 IK 08
6,67 4,89 3,68 2,37 2,56 3,11 2,42 3,60 3,24 2,81 2,70		- Classe I - Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C - Classe H à partir de 6 300 VA, température 40 °C - Tension d'isolement : - entre enroulements et masse 2 000 V	Prévus pour poste fixe     Réversibilité compensée     Couplage étoile, neutre sorti     Avec anneaux de levage     Suivant norme EN 60 742
2,14 1,79 2,65 2,16 3,07 3,11 3,27 2,82 2,16 2,18 1,88 1,74 1,48 1,49		<ul> <li>Classe I</li> <li>Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C</li> <li>Classe H à partir de 6 300 VA, température 40 °C</li> <li>Tension d'isolement : <ul> <li>entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> <li>Sous carter IP 21 IK 08</li> </ul>	- Prévus pour poste fixe - Réversibilité compensée - Couplage étoile, neutre sorti - Sortie par presse- étoupe - Avec anneaux de levage - Suivant norme EN 60 742 - Existe en version étanche (OTE) IP 54, IK 08
		- Isolant classe E - Pour poste fixe: - Fixation murale classe II □ - Double isolation 4 500 V - Envel. isolante en polyester IP 44 IK 08 - Portatif: - monobloc - classe II □ - double isolation 4 500 V - enveloppe rilsanisée IP 34 IK 08 - BS 24: socle mâle - BSM: socle femelle	- Commande marche-arrêt - Protection par disjoncteur magnéto- thermique - Voyant de mise sous tension - Ensemble monobloc de distribution 24 ou 230 V - Protection au primaire par disjoncteur avec pouvoir de coupure adapté à la puissance - Suivant norme EN 60 742

#### **GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR** Forme et aspect **APTITUDES Tension primaire** Tension secondaire nominale à vide Couplage **TYPE Puissance** Pertes à vide en charge W V VA W 20 kV. anneaux 700 25 000 115 **Transformateurs** Étoile/ Prise de sur poteau 400 V zig-zag réglage 50 000 1 100 190 neutre sorti à ± 2.5 % entre 100 000 320 1 750 du rapport phases 25 à 630 kVA de transfor-Y-zn 11 160 000 460 2 350 7.2 à 24 kV mation 25 000 115 700 Prises de 50 000 190 1 100 réglage de 25 à 100 000 320 1 750 hors 160 kVA **Transformateurs** tension 160 000 Y-zn 11 2 350 en cabine 460 Entre normaleimmergés phases ment 200 000 550 2 850 de 200 à 400 V prévues 630 kVA 250 000 3 250 650 pour une ou D-yn 11 230 V variation 315 000 770 3 950 Triangle/ 25 à 630 kVa de ± 2,5 % Etoile. 7.2 à 24 kV vidange 4 600 400 000 930 du rapport neutre sorti de transfor-500 000 1 100 5 500 mation 6 500 630 000 1 300 20 kV Prises de 1 560 10 200 800 réglage hors **Transformateurs** 1 000 1 840 12 100 en cabine tension, Triangle/ Entre 1 250 2 160 15 000 immergés normale-Étoile, phases ment 400 V neutre sorti 1 600 2 640 18 100 prévues D-yn 11 ou 2 000 3 120 22 500 pour une 230 V 800 à 3 150 kVA variation 2 500 3 600 28 000 de ± 2.5 % 7,2 à 24 kV du rapport 33 000 3 150 4 320 de transformation

COS	sφ	à 100 % (	ement de charge	Schéma de principe	Caractéristiques techniques	
1	0,8	1	0,8			APPLICATIONS ET REMARQUES
2,84	3,96	96,84	96,08	Yz 11 330° C C B	- Transformateurs livrés nus ou avec un coffret : haut de poteau équipé d'un disjoncteur BT tétrapolaire (3 pôles protégés, pouvoir de coupure 4 000 A à cos φ 0,5)	<ul> <li>Appareils hermétiques à couvercle boulonné, immergés dans l'huile, à refroidissement naturel, inclinés en position d'accrochage.</li> <li>Équipés systématiquement d'une commande</li> </ul>
2,26 1,81	3,77 3,57	97,48 97,57	96,88			de commutation côté pri- maire, permettant l'ajus-
1,54	3,43	98,27	97,85			tage de la tension secon- daire, placée sur le cou- vercle (à manœuvrer hors tension).  – En option : 2 tensions secondaires, débitant en 230 V (couplage : Étoile- étoile neutre sorti [Y-yn 0])
2,84	3,96	96,84	96,08		- Transformateurs conformes aux recommandations de la C.E.I. et aux	Appareils hermétiques à remplissage total, immergés dans l'huile ou les
2,26	3,77	97,48	96,88	الللا	normes NFC 52-112/113.	Askarels, à refroidisse-
1,81	3,57	97,97	97,48	OA OB OC	Raccordement :     sur bornes porcelaine	ment naturel, pour l'exté- rieur ou l'intérieur.
1,54	3,43	98,27	97,85	}	- sur passe-barres	nour ou ranonour
1,49	3,41	98,33	97,92	777		
1,37	3,33	98,46	98,09	Y-z 11		
1,31	3,30	98,54	98,18	{ { {		
1,22	3,25	98,59	98,24	111		
1,17	3,22	98,61	98,27	OA OB OC		
1,11	3,17	98,71	98,39	[ ] [ ] [		
				Dy 11 11 A	Transformateurs conformes aux recommandations de la C.E.I. et aux normes NFC 52-113	<ul> <li>Appareils hermétiques à remplissage total, immer- gés dans l'huile ou les Askarels, à refroidisse-</li> </ul>
1,37	3,65	98,50	98,14	XI\	Raccordement :     sur bornes porcelaine	ment naturel, pour l'inté- rieur ou l'extérieur.
1,33	3,93	98,58	98,23	/ * <b>)</b>	- sur passe-barres	
1,34	4,24	98,60	98,26	C B		
1,30	4,52	98,68	98,36			
1,36	5,70	98,70	98,38	}		
1,36	5,16	98,72	98,40	aO bO cO		
1,36	5,76	98,99	98,49	[ ] [ ]		

## 17.10. REMARQUES RELATIVES AU BRANCHEMENT DES MACHINES-OUTILS

EN 60 204 de fév. 1993

#### TENSION D'ALIMENTATION DES MACHINES-OUTILS (M.O.)

Les machines sont prévues pour être alimentées à partir des réseaux normaux triphasés 230 V ou 400 V. La plage de la tension d'alimentation doit être comprise entre 95 % et 105 % de la tension nominale.

#### **RACCORDEMENT D'ACCESSOIRES**

Les prises de courant sur M.O., prévues pour le raccordement d'accessoires, peuvent être branchées, soit directement sur le réseau, soit aux bornes du secondaire d'un transformateur. Elles doivent être munies d'un dispositif de mise à la terre. Lorsqu'il est fait usage d'un transformateur, une puissance d'au moins 100 VA doit être disponible, sous une tension secondaire de 115 V et 230 V, ou 48 V si la TBT est exigée.

#### ALIMENTATION DES CIRCUITS DE COMMANDE

Lorsqu'une M.O. comporte plus de cinq bobines électromagnétiques (contacteurs, relais, électrodistributeurs...) il est recommandé d'utiliser un transformateur. Celui-ci doit comporter des enroulements séparés et être raccordé en aval du dispositif de sectionnement de l'alimentation (assure la sécurité, en particulier lorsque le neutre du réseau d'alimentation n'est pas relié directement à la terre).

#### TENSIONS RECOMMANDÉES POUR LES CIRCUITS DE COMMANDE

Pour les circuits de commande alimentés directement à partir des circuits de puissance (entre phases, entre phase et neutre) aucune tension préférentielle ne peut être prescrite.

Pour les circuits en courant alternatif, alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur, les tensions recommandées au secondaire sont 24, 48, 115 et 230 V 50 Hz. La valeur préférentielle pour les machines-outils est 115 V 50 Hz.

Pour les circuits alimentés en courant continu, les tensions recommandées sont (24), 48, 115 et 230 V.

## PROTECTION CONTRE LES FONCTIONNEMENTS INTEMPESTIFS ET LES RISQUES DE CONTACTS INDIRECTS

La mise à la masse (ou à la terre) accidentelle d'un ou plusieurs points d'un circuit de commande, ne doit ni provoquer une mise en marche intempestive, ni empêcher l'arrêt de la M.O., ni provoquer l'élévation dangereuse des masses en potentiel.

Dans le cas d'une commande électronique ne pouvant être reliée à la terre, l'alimentation doit être faite à partir de transformateurs à enroulements séparés.

#### - Interconnexion des masses et disposition des conducteurs :

Les masses de tous les appareils constituant le circuit de commande doivent être interconnectées par des conducteurs de protection. Les conducteurs actifs reliant entre eux ces appareils doivent permettre d'éliminer le risque d'un défaut d'isolement, dans le cas contraire ils doivent être disposés de telle manière que ce défaut ne puisse se produire qu'avec une structure métallique reliée aux masses.

#### - Montage relatif des bobines et des contacts :

Dans un circuit de commande, toutes les bobines doivent avoir une de leurs bornes reliée directement à un même conducteur actif et tous les contacts de commande doivent être placés entre les bobines et l'autre conducteur actif. Dans le cas d'emploi d'un transformateur, un des conducteurs doit être mis directement à la masse et ce conducteur doit constituer le point commun des bobines.

#### - Dispositifs de protection contre l'élévation des masses en potentiel :

Avec un transformateur, la coupure doit être réalisée par un dispositif de protection contre les surintensités placé à l'origine du conducteur actif non relié à la masse.

Avec une alimentation directe à partir du circuit de puissance, le conducteur actif constituant le point commun des bobines ne doit jamais être mis à la masse dans le câblage interne des circuits de commande, mais relié au conducteur neutre des circuits de puissance si l'alimentation des circuits de commande est réalisée entre phase et neutre. Solution satisfaisante lorsque le réseau avec neutre est relié à la terre, sinon l'emploi d'un transformateur est actuellement la solution offrant la plus grande sécurité.

#### **ÉCLAIRAGE INDIVIDUEL DE LA MACHINE-OUTIL**

 Alimentation : de préférence par l'intermédiaire d'un transformateur. Pour les lampes alimentées directement sur le réseau, la tension doit être toujours inférieure à 250 V.

Les câbles d'alimentation des lampes, pour une tension supérieure à 50 V, doivent comporter un conducteur de mise à la terre.

- Protection : tous les conducteurs, non reliés à la terre, doivent être protégés contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles ou des disjoncteurs distincts de ceux des autres circuits.
- Lampe : douille en matière isolante enrobant entièrement le culot de l'ampoule.

## 18. LES COFFRETS, LES ARMOIRES ET LES PUPITRES

## 18.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN COFFRET, D'UNE ARMOIRE OU D'UN PUPITRE

DÉMARCHE	ÉLÉMENTS CARACTÉRISTIQUES	GUIDE
ENCOMBREMENT DES APPAREILS S <sub>e</sub> ; H <sub>e</sub>	Totaliser les surfaces d'encombrement $S_{\rm e}$ et déterminer la hauteur $H_{\rm e}$ du plus grand composant équipant l'installation à étudier.	Tableau : § 18.3.
SURFACE UTILE DE L'ÉQUIPEMENT Su	La surface utile $S_u$ de l'équipement s'obtient par la relation : $S_0 : \text{surface d'encombrement en dm}^2$ (y compris le périmètre de sécurité) $S_0 : \text{surface utile du coffret ou de l'armoire en dm}^2$ $K_f : \text{coefficient de fonctionnement tenant compte du câblage, des borniers et des goulottes.}$ * Équipement sur platine perforée ou sur châssis plein :	Guide de choix : § 18.2.
	$K_{\rm f} = 2$ si $\Sigma S_{\rm e} \le 34,5$ dm <sup>2</sup> $K_{\rm f} = 2,3$ si $\Sigma S_{\rm e} > 34,5$ dm <sup>2</sup> * Équipement sur profilés « DIN » symétriques ou asymétriques : $K_{\rm f} = 2,2$ si montage en coffret de dimensions $\le 800 \times 600$ mm ou en armoire ou pupitre de dimensions $\le 600 \times 200$ mm. $K_{\rm f} = 2,5$ dans les autres cas.	
HAUTEUR UTILE DE L'ÉQUIPEMENT Hu	La hauteur (ou profondeur) utile $H_{\rm u}$ de l'équipement peut être déterminée par la relation : $H_{\rm e}: {\rm hauteur} \ {\rm du} \ {\rm purp} \ {\rm du} \ {\rm los} \ {\rm du} \ {\rm los} \ {\rm lo$	Tableau : § 18.3. Guide de choix : § 18.2.
UTILITÉ D'UNE CLIMATISATION	Détermination de la surface corrigée $S_{\rm c}$ de l'enveloppe. Détermination de la puissance dissipée par les équipements. Courbes de puissance de dissipation d'une enveloppe nue.	Guide de choix : § 18.2. Tableau : § 18.5.7. Abaques : § 18.5.1.
PROPRIÉTÉS DU REVÊTEMENT DE L'ENVELOPPE	Propriétés chimiques du revêtement des enveloppes en acier. Propriétés chimiques des enveloppes en matières plastiques. Propriétés mécaniques des enveloppes acier et plastique. Propriétés électriques des enveloppes acier et plastique. Propriétés physiques des enveloppes acier et plastique. Résistance au feu des enveloppes acier et plastique.	§ 18.4.1. § 18.4.2. § 18.4.3. § 18.4.3. § 18.4.3. § 18.4.3.
INDICE DE PROTECTION	Degré de protection de l'enveloppe suivant l'IP minimum exigé par la norme.	CHAPITRE 5 Guide de choix : § 18.2.
CHOIX DE LA CLIMATISATION	Détermination de la surface extérieure de l'enveloppe.  Coefficient de rayonnement thermique en W/m²/°C  - Résistances chauffantes $\rightarrow r_a \le 10$ °C.  - Échangeur air-air $\rightarrow r_a \le 55$ °C.  - Groupe de refroidissement $\rightarrow r_a \le 55$ °C.  - Ventilation $\rightarrow r_a \le 50$ °C.	§ 18.2. § 18.5.6. Abaques : § 18.5.2 Abaques : § 18.5.3 Abaques : § 18.5.4 Abaques : § 18.5.5 Calculs : § 18.5.6

APTITUDES		F	ONCTIO	DN		N	MATÉRIAU		D	EGRÉ I	DE PRO	TECTIO	NC	
DIMENSIONS DES ENVELOPPES lauteur × Largeur × Profondeur (mm)	Coffret	Pupitre	Armoire	Cellule	Coffret modulaire	Acier	Polyester (1) Dimensions légèrement diffèrentes des dimensions en acier	IP 43 IK 10	P 54	P 54 IK 08	IP 54 IK 10	P 55 IK 10	IP 65 IK 10	
300 × 200 × 150	•	-	•	3	•	•	(1)	=	-	-	=	-	-	-
300 × 300 × 150												•		
400 × 300 × 200	•					•	• (1)		•	•		•	•	
400 × 400 × 200	•					•						•	•	
400 × 600 × 200	•					•					-	•		1
500 × 300 × 200 500 × 400 × 200					•	:	• (1)					•		
500 x 400 x 200 500 x 500 x 300							•							
600 × 400 × 200	•					•	• (1)		•	•		•	•	T
600 × 600 × 200	•					•						•	•	
600 × 600 × 300	•					•						•		
600 × 600 × 400 800 × 600 × 300		-			-	•	•• (1)	•		•		•		-
800 × 600 × 300							35 (1)	•						
800 × 800 × 300								•			-	•		
942 × 800 × 490		•				•						•		T
942 × 1 200 × 490		•				•						•		L
1 000 × 600 × 400	•					•	- /4\					•		
1 000 × 800 × 300 1 000 × 800 × 400							• (1)		•	•			•	
1 000 × 800 × 400							•							
1 200 × 800 × 400	•					•						•		T
1 200 × 1 000 × 300	•					•	•					•		
1 200 × 1 200 × 400	•					•						•		L
1 280 × 800 × 990		•				:						•		
1 280 × 1 000 × 990 1 280 × 1 200 × 990														
1800 × 600 × 400		<u> </u>	•	•		•		-			•	•		t
1800 × 600 × 600			•	•		•					•	•		
1800 × 600 × 800			•	•		•					•	•		
1 800 × 800 × 400			•	•		•					•	•		
1 800 × 1 200 × 400 1 800 × 1 200 × 600			•											
2000 × 600 × 400			•	•	1	•					•	•		
2 000 × 800 × 400			•	•		•					•	•		
2000 × 800 × 600			•	•		•					•	•		
2000 × 800 × 800			•	•		•					•	•		
2 000 × 1 000 × 400			•			•								
2 000 × 1 000 × 600 2 000 × 1 200 × 400														
2 000 × 1 200 × 600			•	•		•					•	•		
2 200 × 600 × 600			•	•		•					•	•		T
2200 × 600 × 800			•	•		•						•		
2 200 × 800 × 600		1.0	•	•		•					•	•		
2 200 × 800 × 800												•		
2 200 × 1 200 × 600														

(D'a	près	SA	REL	)
------	------	----	-----	---

			MONTAG CHASSIS M		MONTAGE SUR MONTAGE SUR PLATINES PERFORÉES CHASSIS PLEINS							
Surface corrigée S <sub>c</sub> (m²)	Surface extérieure S de l'enveloppe (m²)	Nombre de rangées x nombre de modules (maximum)	Pas du module (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm²)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	H <sub>u</sub> mini (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm²)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	H <sub>u</sub> mini (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm²)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	H <sub>u</sub> mini (mm)
0,1	0,30	-	_	3,75	144	128	3,6	127	127	3,05	115	115
0,1	0,36	-	-	6,25	144	128	6,6	127	127	5,15	115	115
0,2	0,52	3 × 12	18	8,75	159	87	6,6	144	72	7,60	135	57
0,2	0,64	-	-	12,25	159	87	9,2	144	72	10,70	135	57
0,3	0,9	-	_	19,25	159	87	14,6	144	72	16,9	135	57
0,4	0,62	-	-	11,25	159	87	9,9	144	72	10,05	135	57
0,3	0,76	-	-	15,75	159	87	13,9	144	72	14,15	135	57
0,4	1,10	- 17	- 10	20,25	259	87	18,0	244	72	18,25	235	57
0,3	0,90	3 × 17	18	19,25	159	87	18,6	144	72	17,60	135	57
0,4	1,20	-	-	30,25	159	87	29,3	144	72	27,80	135	57
0,6	1,50	-	_	30,25	259	87	29,4	244	72	27,80	235	57
0,6	1,70	2 × 28	-	30,25	359	87	29,4	344	72	27,80	335	57
	1,80		18	41,25	259	87	36,7	244	72	38,7	235	57
0,8	2,10 2,24	4 × 28 –	18	41,25 56,25	359 259	87 87	36,7	344 244	72 72	38,7	335	57
1,3	3,22		-	55,1	259	-	50,2	-		52,9	235	57
1,7	4,40		_	85,8		_	_	_	_	55,1	-	-
1,0	2,48	5 × 28	18	52,25	359	87		344	72	85,8	-	57
1,1	2,70	5 × 36	18	71,25	259	87	51,4 70,3	244	72	49,6	335	
1,3	3,10	3 x 30	-	71,25	359	87	70,3	344	72	67,8 67,8	235 335	57 57
1,3	3,20	_	_	90,25	259	87	89,3	244	72	86	235	57
1,4	3,55	6 × 36	18	86,25	359	87	80,3	344	72	82,7	335	57
1,5	3,75	- 00	-	109,25	259	87	102,0	244	72	104,9	235	57
1,9	4,80	12 × 28	18	132,25	359	87	117,5	344	72	121	335	57
2,5	6,20	-		80	-	-	-			80	-	_
2,8	7,00	_	_	102,3	_	_	_	_	_	102,3	_	_
3,2	8,00	_	_	124,6	_	_	_	_		124,6	_	_
1,6	4,10	9 × 22	18	84,4	295	_	84,8	395	_	90,7	295	_
2,0	5,10	9 × 22	18	84,4	495	_	84,8	495	_	90,7	495	_
2,4	6,00	9 × 22	18	84,4	695	-	84,8	695	_	90,7	695	_
1,9	5,00	9 × 22	18	117	295	_	116	295	_	121,2	295	_
2,6	6,75	18 × 22	18	182,2	295	_	169,6	295	-	182,2	295	_
3,	7,95	18 × 22	18	182,2	495	_	169,6	495	_	182,2	495	_
1,8	4,50	12 × 22	18	94,8	295	-	95,5	295	_	102,6	295	-
2,1	5,45	12 × 22	18	131,4	295	_	130,5	295	-	137,1	295	-
2,6	6,60	12 × 22	18	134,4	495	-	130,5	495	-	137,1	495	-
3,0	7,70	12 × 22	18	131,4	695	-	130,5	695	-	137,1	695	-
2,5	6,40		- 1	168	295	-	165,6	295	-	171,6	295	-
3,0	7,60	-	- 1	168	495	-	165,6	495	-	171,6	495	-
2,9	7,40	24 × 22	18	204,6	295	-	190,9	295	-	206,1	295	-
3,4	8,70	24 × 22	18	204,6	495	-	190,9	495	-	206,1	495	-
2,4	6,00	-	_	105,2	495	-	106	495	-	114,5	495	-
2,8	7,20	-	_	105,2	695	-	106	695	-	114,5	695	-
2,9	7,20	-	-	145,8	495	-	145	495	-	153	495	-
3,3	8,30	-	-	145,8	695	-	145	695	-	153	695	-
3,7	9,40	-	-	227	495	_	212,1	495	-	230	495	-
4,2	10,70	-		227	695	_	212,1	695	-	230	695	_

## 18.3. SURFACES D'ENCOMBREMENT Se ET HAUTEUR D'ENCOMBREMENT He

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

MATÉRIELS	CARACTÉRISTIQUES	MODULES	MATÉRIELS	CARACTÉRISTIQUES	S <sub>e</sub> /H <sub>e</sub> (dm <sup>2</sup> )/(mm)
	Contacteur 16 A (2 p) – 20 A (2 p) (2) Contacteur 20 A (3/4 p) – 40 A (2 p) Contacteur 40 A (3/4 p) – 63 A (2/4 p) Relais pour circuit pilote EDF 5 A Relais pour circuit pilote EDF 16/20 A Programmeur électronique 1 ou 2 voies Programmeur thermostatique	1 M (1) 2 M 3 M 1 M 2,5 M 3 M 3 M	Sectionneur porte-fusible	Calibre 25 A (3 p) Calibre 25 A (4 p) Calibre 50 A (3 p) Calibre 50 A (4 p) Calibre 80 A (4 p) Calibre 125 A (4 p) Calibre 200 A (4 p)	0,43/115 0,60/115 0,84/ 85 1,09/ 85 3,19/160 3,89/160 9,76/210
Appareillage modulaire	Interrupteur crépusculaire Temporisateur électronique Délesteur électronique 1 à 3 voies Interrupteur 32 A (2 p) Interrupteur 32 A (3 p/4 p) Interrupteur 63/100 A Prise de courant 2 + PE Porte-fusible 20 A/32 A Porte-fusible 50 A Porte-fusible 125 A Relais statique 10/16 A (2 p) Contacteur disjoncteur 10/25 A (2 p) Contacteur disjoncteur 10/25 A (4 p)	2 M 1 M 3 M 1 M 2 M 1 M/p 2,5 M 1 M/p 1,5 M/p 2 M/p 4,5 M 3 M 5 M	Contacteur (3)	Mini-contacteur 6/9 A non-inverseur (3 p) Mini-contacteur 6/9 A inverseur (3/ p) Contacteur 9/12/18 A inverseur (3/4 p) Contacteur 9/12/18 A inverseur (3/4 p) Contacteur 25/32 A non-inverseur (3/4 p) Contacteur 25/32 A inverseur (3/4 p) Contacteur 40/50/65/80/95 A non-inverseur (3 p) Contacteur 40/50/65/80/95 A non-inverseur (4 p) Contacteur 40/50/65/80/95 A inverseur (3 p) Bloc additif Contacteur 115 A non-inverseur (3 p) Contacteur 115 A inverseur (3 p)	0,26/ 85 0,54/ 85 0,34/125 0,78/125 0,47/145 1,07/195 1,07/195 1,22/195 2,10/195 0,09/ 80 2,65/205 5,59/205
MATÉRIELS	CARACTÉRISTIQUES	S <sub>e</sub> /H <sub>e</sub> (dm <sup>2</sup> )/(mm)		Contacteur 150 A non-inverseur (3 p) Contacteur 150 A inverseur (3 p)	2,78/205 5,87/205 2,94/215
Disjoncteur moteur (3)	Calibre 0,1/25 A (3 p) Calibre 0,1/25 A (3 p + additif limiteur) Calibre 1/80 A (3 p)	0,52/ 90 0,94/ 90 1,54/120		Contacteur 185 A non-inverseur (3 p)  Relais thermique $I_r \le 25$ A (3 p)  Relais thermique $23 \le I_r \le 36$ A (3 p)	0,36/100 0,50/105
Sectionneur disjoncteur (3)	Calibre 25 A (3 p) Calibre 80 A (3 p) Contact additif (1 p) Départ moteur 25 A (+ contacteur + RT)	0,70/ 90 1,32/110 0,08/ 40 1,35/130	Relais de protection	Relais thermique $17 \le I_r \le 93$ A (3 p) Relais thermique $75 \le I_r \le 125$ A (3 p) Relais thermique $125 \le I_r \le 315$ A (3 p) Relais magnétique $I_m \le 100$ A (1 p) Relais magnétique $80 \le I_m \le 250$ A (1 p)	0,75/125 1,24/130 2,02/185 0,70/155 0,94/155
Contacteur disjoncteur (3)	Calibre 32 A non-inverseur Calibre 40 A non-inverseur Calibre 63 A non-inverseur Contact additif Calibre 32 A inverseur Calibre 63 A inverseur	1,20/160 1,55/160 2,19/200 0,22/110 2,41/160 5,00/200	Discon- tacteurs	Relais magnétique et relais de démarrage $125 \le l_m \le 500 \text{ A (1 p)}$ Calibre 6/9 A (3 p) Calibre 9/12/18/25/32 A (3 p) Calibre 25/32 A (3 p) Calibre 40/50/65/80/95 A (3 p)	1,03/155 0,41/ 85 0,56/145 0,79/195 1,52/195

(1): 1 M = 1 Module de 17,5 mm (montage en châssis modulaire). (2): p = nombre de pôles. (3): y compris périmètre de sécurité.

## 18.4. PROPRIÉTÉS DES ENVELOPPES

6 10 12 durée des essais (en mois) 2 4 8 acide acétique concentration 20 % sulfurique 30 % 30 % nitrique 30 % phosphorique chlorhydrique 30 % 10 % lactique citrique 10 % 18.4.1. **PROPRIÉTÉS** base soude 10 % ammoniaque 10 % CHIMIQUES DES REVÊTEMENTS eau distillée eau POLYESTER DES eau de mer **ENVELOPPES** eau de ville **ACIER** eau de javel diluée solvant essence alcools supérieurs aliphatiques aromatiques cétones-esters tri-perchloréthylène film attaqué : film intact: à f° ambiante pour protection phosphatée revêtue d'un film de 150 à 200 µm.

===1	AGENTS CHIMIQUES			polycarbo concentra (1) maxi	ation		tration	PVC concentration (3) maxi %
	acétone, cétone et dérivés		-				]	
	acide chlorhydrique			10 **		30	) **	30 **
	acide citrique			10 **		100	) **	S **
	acide lactique			10 **		100	) **	90 **
	acide nitrique			10 **			0 *	50 **
	acide phosphorique			100 **		100		S **
	acide sulfurique			50 **		-	) **	96 **
	alcools (sauf alcool benzylique, allylique	et furfur	ylique)	96 **		50	) **	96 **
	aniline pure							100 🗆
	base minérale			*		100		10 **
	benzène						]	100 🗆
18.4.2	brome liquide							100 🗆
PROPRIÉTÉS	chlore liquide					S		100 🗆
CHIMIQUES	eau de mer			100 **		100		100 **
DES	essence			100 **		100		100 *
ENVELOPPES	éther			100 *		100		100 □
EN MATIÈRES	hexane					100		
PLASTIQUES	huile et gralsses			100 **		100		100 **
	hydrocarbure aromatique			100 *		100		100 **
	mazout			100 *		100		100 *
	naphtaline nitrobenzène					100	,	
,						20	*	100 □ S*
	phénol sels minéraux			**		20		**
	teinture d'iode			*				
	toluène					*	*	100 🗆
	trichloréthylène				-		, -	100 🗆
	urée			S **			_	S **
	** résistant	résiste pas turation		(1) Portes (2) Coffrets			io DVC (Br	oîtiers SAREL).
	CARACTÉRISTIQUES	UNITÉS	POLYC	ARBONATE			PVC	ACIER
	Propriétés mécaniques:  Adhérence (quadrillage et scotch)  Résistance au choc  Résistance à la rupture en traction  Allongement à la rupture en traction  Module d'élasticité en traction  Résistance au choc avec entaille	- kJ/m <sup>2</sup> MPa % MPa kJ/m <sup>2</sup>	:	O.B > 65 • 110 • 300 • 25	1;	- 60 85 - 3 000	- 25 45 120 à 15 2 200 20	Classe 0 > 1 kg/50 cm
	Propriétés électriques :     Résistance au courant de cheminement     Résistance superficielle	- Ω		0-230 10 <sup>15</sup>		600 10 <sup>12</sup>	> 600 > 10 <sup>13</sup>	-
18.4.3	Rigidité diélectrique	kV/mm		> 30		8-20	30	-
PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES,	Résistance spécifique de passage	Ω. cm	>	10 <sup>16</sup>	≥	10 <sup>12</sup>	≥ 10 <sup>15</sup>	
ÉLECTRIQUES, PHYSIQUES ET RÉSISTANCE AU FEU DES ENVELOPPES	Propriétés physiques:     Température de ramollissement (Vicat B)     Résistance à la température     Absorption d'eau     Masse spécifique     Rétention de la brillance	°C °C % kg/dm³	- 5	5-150 0 +125 0,15 1,21		- 0 +150 0,2 1,85	79-80 - 20 +68 < 0,1 1,4 -	7,8 bonne
	Résistance à la corrosion (brouillard salin)	h		-		-	<b>→</b>	200 à 1 500
	Résistance au feu :     Indice d'oxygène     Tenue au fil incandescent 2 min.     Tenue au fil incandescent 3 min.     Tenue à l'essai à la bille     Classe au feu	- °°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°°		26 750 850 140		24,4 960 960 600	45-50 960 960 73	- -  classe M1
	Vieillissement accéléré:  A 60 °C après 100 à 250 h  Variation de la teinte après 100 à 150 h	_ ΔE		_		-		50 % brillance 2 à 4 NBS

#### 18.5. CHOIX DE LA CLIMATISATION POUR LES ENVELOPPES - Les abaques ci-contre indi-20°C quent la puissance dissipable At max par une enveloppe nue. At max - Les surfaces corrigées Sc 20°C sont données § 18.2. - Applicables lorsque la température ambiante toa est basse ou lorsque la puis-18.5.1. sance à dissiper est faible. CLIMATISATION NATURELLE (D'après LEGRAND) Sc(m2) Sa(m²) Fig. 1 – Jusqu'à $S_c = 1 \text{ m}^2$ Fig. 2 - S<sub>c</sub> au-deià de 1 m<sup>2</sup> - Armoire 1 800 × 800 × 400 $\Delta t = 15$ °C · Exemple : - Le tableau § 18.2, donne $S_c = 1.9 \text{ m}^2$ - La puissance à dissiper donnée Fig. 2 ne devra pas dépasser 120 W. P(W) 3 x 400 2 x 500 130 20 10 500 55 10 18.5.2. RÉSISTANCE 33 200 CHAUFFANTE 20 S (m2 S (m² (D'après SAREL) 0.7 Fig. 3 - Surfaces extérieures S ≤ 1 m² (Acier). Fig. 4 - Surfaces extérieures S jusqu'à 11 m² (Acier). - Les abaques ci-dessus permettent la détermination des résistances (t° a basses). - Pour les coffrets en polyester, multiplier P par 0.82. - Exemples: Coffret acier $600 \times 400 \times 200 \Delta t = 20 ^{\circ}C$ – Armoire acier 2 000 x 1 200 x 600 Δt = 20 °C - Le tableau § 18.2. donne - $S = 0.9 \text{ m}^2$ . - Le tableau § 18.2 donne $\rightarrow S = 8.7 \text{ m}^2$ - La Fig. 4 indique 2 résistances de 500 W. - La Fig. 3 indique une résistance de 100 W. Schéma de circulation de l'air 20 At max P(W) 2400 15 2000 18.5.3. 1600 ÉCHANGEUR 10 THERMIQUE 1200 AIR/AIR - Les abaques ci-contre sont donnés pour un (D'après SAREL) échangeur air/air de 80 °C/W. - Applicable principalement pour le refroidissement 800 5 des armoires en acier jusqu'à une température ambiante t°a de 55 °C 5 (m2) - Exemple: - Pupitre en acier 942 × 1 200 × 490 ; $\Delta t = 15$ °C. - Le tableau § 18.2. donne $S = 4.4 \text{ m}^2$ . Fig. 5 - Échangeur air/air pour surfaces extérieures S - La Fig. 5 indique une puissance de 1 560 W pour

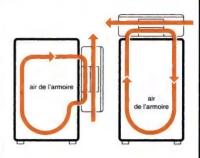
jusqu'à 11 m² (Acier).

l'échangeur.

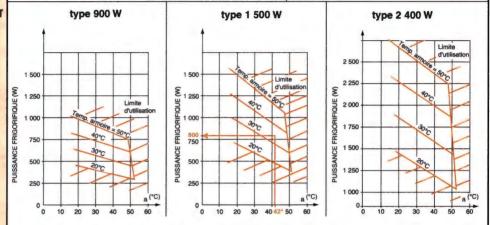
#### Les abaques ci-dessous permettent la détermination de la puissance frigorifique du groupe de refroidissement suivant la température ambiante t<sub>a</sub> et la température de l'armoire.

- La puissance de refroidissement du groupe à installer est égale à la somme de la puissance absorbée par le groupe et de la puissance dissipée par l'équipement.
- La température ambiante maximale d'utilisation est de 55 °C.
- Exemple :
- Température ambiante la = 42 °C.
- Température de l'armoire f° = 35 °C.
- Puissance dissipée par l'équipement = 800 W.
- L'abaque Fig. 6 indique un groupe de refroidissement de 1 500 W.

#### Schéma de circulation de l'air SAREL

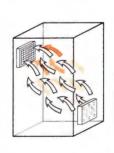


18.5.4. GROUPE DE REFROIDISSEMENT (D'après SAREL)



Flg. 6 – Groupes de refroidissement avec surveillance électronique de la température.

#### Schéma de circulation de l'air



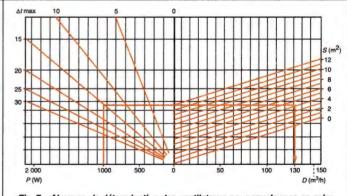


Fig. 7 – Abaques de détermination des ventilateurs pour enveloppes en acier.

18.5.4. SYSTÈME DE VENTILATION (D'après SAREL)

- Les abaques ci-dessus donnent le débit D en m³/h du ventilateur.
- Le température ambiante maximale d'utilisation ne doit pas dépasser 50 °C.

Ventilateur avec filtre standard pour ambiance normale	32	38	56	59	63	67	115	131	147	490	510	m³/h
Ventilateur avec filtre fin supplé- mentaire pour ambiance sévère	38	40	47	51	64	71	78	238	258	266	275	m³/h

- Exemple: Armoire en acier 2 000 x 600 x 400 ∆t = 15 °C Puissance à dissiper = 1 kW
  - Le tableau § 18.2. donne  $S = 4,5 \text{ m}^2$
  - L'abaque Fig. 7 indique 135 m³/h imposant un ventilateur de 147 m³/h pour une ambiance normale (prévoir 10 % de réserve pour le choix du ventilateur).

	Mode de calcul pour le choix d'une résistance	P = K	• S• Δt	S: surface e  \[ \Delta t : t^o \text{ intérieu} \]  K: coefficieu  5,5 W/m²	e calorifique de extérieure de l'a ure – t° ambiar nt de rayonner <sup>2</sup> /°C pour la tô <sup>2</sup> /°C pour le po	armoire (m²), ( nte extérieure e ment thermiqu le peinte.	§ 18.2. (°C).
18.5.6. DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PAR LE CALCUL	Mode de calcul pour le choix d'un échangeur air/air	$P = \Delta t$ (i	q + K• S)	S : surface e Δt : écart de rieur de l q : puissanc K : 5,5 W/m²	e de déperditi extérieure de l' température 'armoire (°C). e spécifique d <sup>2</sup> /°C pour la tô.	armoire (m <sup>2</sup> ), entre l'intérie e l'échangeur le peinte.	§ 18.2. ur et l'exté-
	Mode de calcul pour le choix d'un ventilateur	$D=3,1\left(\frac{1}{L}\right)$	$\frac{P}{\Delta t} - K \cdot S$	P: puissand Δt: écart de rieur de S: surface e K: 5,5 W/m²	ir du ventilateu e à dissiper de température l'armoire (°C). extérieure de l' 2/°C pour la tô 2/°C pour le po	ans l'envelopp entre l'intérie 'armoire (m²), le peinte.	e (W). ur et l'exté-
	COMPOSANTS	Contacteur modulaire	Disjoncteur moteur	Sectionneur disjoncteur	Contacteur disjoncteur ≤ 10 A	Contacteur disjoncteur ≤ 32 Å	Contacteur disjoncteur ≤ 63 A
	DISSIPATION (W) MAXIMALE	2	3	4	2/pôle	6/pôle	10/pôle
18.5.7 DISSIPATION DES	COMPOSANTS	Fusible ≤ 10 A gG/aM	Fusible ≤ 40 A gG/aM	Fusible ≤ 100 A gG/aM	Fusible ≤ 250 A gG/aM	Transformateur TMO ≤ 160 VA	Transformateur TMO ≤ 1 kVA
COMPOSANTS ÉLECTRIQUES	DISSIPATION (W) MAXIMALE	2,5/0,6	5/2	9/7 .	23/15	16	40
	COMPOSANTS	Transformateur TMO ≤ 3,15 kVA	Contacteur ≤ 25 A	Contacteur ≤ 95 A	Contacteur ≤ 115 A	Contacteur ≤ 185 A	Relais de protection
	DISSIPATION (W) MAXIMALE	65	3/pôle	12/pôle	18/pôle	26/pôle	< 10

## 18.6. EXEMPLE

#### · Cahier des charges

- Alimentation d'un moteur 75 kW 3 × 400 V 500 Hz 1 500 min<sup>-1</sup> (I<sub>n</sub> = 125 A au stator et 90 A au rotor)
- Démarreur rotorique 4 temps (résistances extérieures au coffret) avec inversion du sens de rotation.
- Local : chaudronnerie avec risque d'acide sulfurique concentré à 15 % maximum.  $\Delta t$  = 10 °C
- Transformateur de commande 230/48 V 1,6 kVA (type TMO).

#### Solution

- Encombrements et dissipation.

MATÉRIELS	SURFACE S <sub>6</sub> (dm <sup>2</sup> ) (§ 18.3.)	HAUTEUR H <sub>e</sub> (mm) (§ 18.3.)	DISSIPATION (W) (§ 18.5.7.)
1 sectionneur - 3 x aM. 160 A (4p)	9,76	210	45
1 contacteur inverseur : 150 A (3 p)	5,87	205	150
1 relais thermique : 125 A (3 p)	2,02	185	10
2 relais magnétiques : 500 A (2 p)	2,06	155	20
3 contacteurs rotor : 95 A (3 p)	3,66	195	108
1 relais de démarrage (1 p)	1,03	155	10
3 contacteurs auxiliaires : 9 A (4 p)	1,02	125	27
1 transformateur TMO : 1,6 kVA (§ 17.9)	3,67	164	85
TOTAL	≈ 30 dm²	MINI : 210 mm	≃ 450 W

- Surface utile  $S_{\rm u}$  (Équipement platine perforée).

 $S_{\rm e} < 34,5 \; {\rm dm^2} \rightarrow {\rm Le} \; \S \; 18.1, \; {\rm donne} \; K_{\rm f} = 2 \rightarrow S_{\rm u} = 30 \; {\rm x} \; 2 = 60 \; {\rm dm^3} \; {\rm avec} \; H_{\rm u} = 310 \; {\rm mm}.$ 

Le tableau (§ 18.2.) donne un coffret (tôle peinte) de 1 000 x 800 x 400 résistant à l'acide sulfurique (§ 18.4.1.).

- Choix de l'IP → chaudronnerie IP 30, IK 10 (chapitre 5) → le coffret IP 55 IK 10 convient.
- Choix de la ventilation (la climatisation naturelle n'est pas suffisante, voir Fig. 2).

Le tableau (§ 18.2.) donne  $S = 3,1 \text{ m}^2 P$  à dissiper = 450 W  $\Delta t = 10 \text{ °C}$ .

L'abaque Fig. 7 donne  $D = 75 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \text{Ventilateur } 115 \text{ m}^3/\text{h} \text{ pour une ambiance normale.}$ 

# 19. LES RÉSEAUX DE TERRAIN. (D'après SCHNEIDER-ELECTRIC) VOIX — DONNÉES — IMAGES (VDI)

## 19.1. COMMUNICATION ET PROTOCOLE

19.1.1. ÉVOLUTION DE LA COMMUNICATION La frontière entre automatisme et informatique s'estompe grâce à l'adoption progressive de standards communs. La communication entre ces deux mondes converge par l'utilisation de protocoles mondiaux *Ethernet* et *TCP/IP* et par la prise en compte de dispositifs normés tels que le modèle *OSI* (Open System Interconnection).

Ces nouvelles technologies associées à *Extranet, Intranet et Internet* autorisent un accès à toutes les données informatiques et numériques (y compris celles de l'automatisme) en temps réel, en tout lieu, à toute personne autorisée.

Le concept « Transparent Factory » s'appuie sur ces Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC).

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication ont fait évoluer les langages de programmation et les mécanismes d'échanges de données en informatique.

#### Les NTIC permettent :

- de repenser l'approche dans la conception des architectures d'automatismes.
- d'augmenter les capacités et les performances des réseaux de communication par le développement de nouveaux modèles de communication,
- de développer des services associés aux métiers des différents acteurs du procédé.

Les NTIC ont tendance à fusionner certains niveaux de communication car il n'est plus nécessaire de décrire ceux-ci par une approche quantitative mais par une approche fonctionnelle.

19.1.2.
LES NOUVELLES
TECHNOLOGIES DE
L'INFORMATION ET
DE LA
COMMUNICATION
(NTIC)

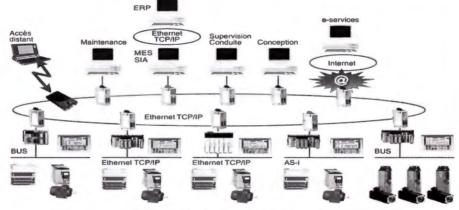


Fig. 1 - L'impact des Nouvelles Technologies de l'information et de la Communication.

19.1.3. LE RÔLE DE L'INFORMATIQUE DANS LES AUTOMATISMES L'augmentation de la productivité (fiabilité, pérennité) des usines de fabrication a suscité le besoin d'assurer une bonne communication entre automatisme et informatique.

La quasi-totalité des réseaux d'automatismes sont dits propriétaires et répondent essentiellement à la mise en conformité d'une approche produit et non pas la problématique utilisateur.

#### Segmentation de l'automatisme en niveaux :

- niveau 0 : capteurs et actionneurs (niveau machine)
- niveau 1 : automatisme (niveau cellule),
- niveau 2 : supervision (niveau atelier),
- niveau 3 : informatique (niveau entreprise et usine),
- niveau 4 : informatique (niveau mondial).
- À chaque niveau, correspond un bus ou un réseau :
- les « sensor bus », bus capteurs et actionneurs unitaires simples,
- les « device bus », bus et réseaux pour la périphérie d'automatisme ; variateurs, robots, axes...
- les « field bus », réseaux de communication entre unités de traitement; automates programmables, supervision, commandes numériques
- les réseaux locaux industriels, pour l'établissement de la communication entre l'automatisme et le monde informatique.

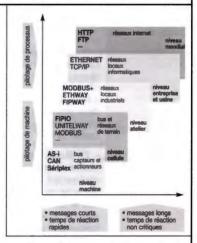
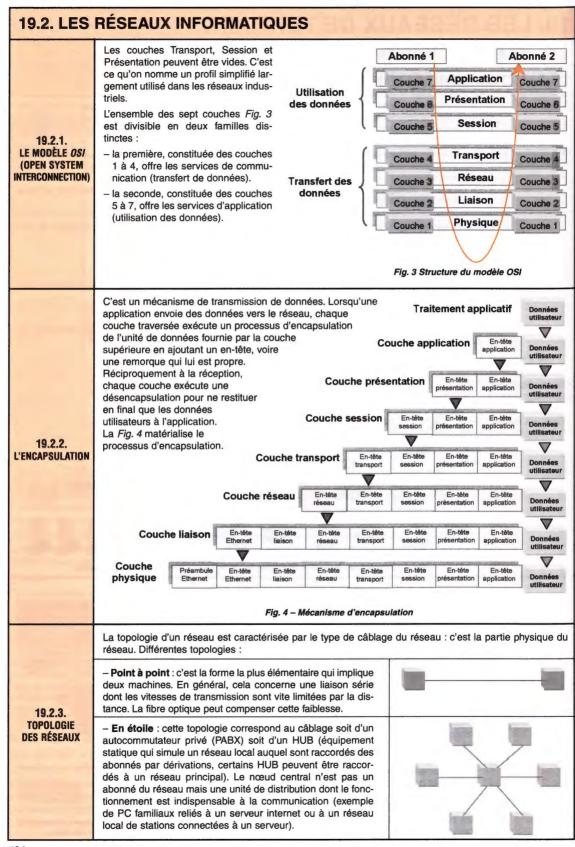
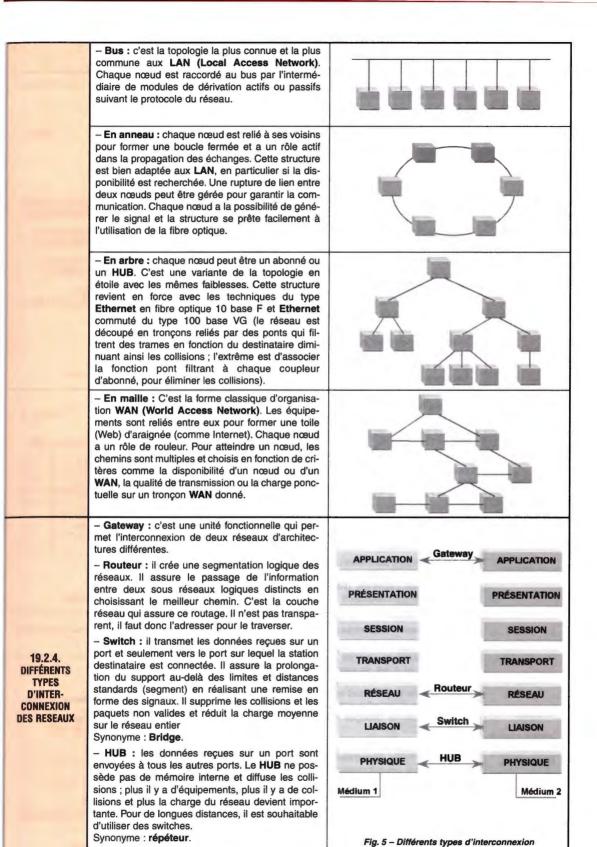


Fig. 2 – À chaque niveau correspond un bus ou un réseau.





#### 19.3. LES ARCHITECTURES D'AUTOMATISMES

Les automatismes, s'appuyant sur des automates programmables industriels (API), traitent essentiellement des fonctions séquentielles.

#### En simplifiant, les API:

- gèrent des demandes d'exécution d'états de l'automatisme (image des entrées),
- élaborent des demandes d'exécution d'actions (positionnement des sorties).

Les **API** sont amenés à gérer de nombreuses fonctions complémentaires comme des fonctions métier, des fonctions de diagnostic, etc.

Ces automatismes centralisés amènent de nombreuses contraintes :

- aucune autonomie des différents sous-ensembles.
- mise en service et maintenance lourdes et difficiles à effectuer du fait de la quantité d'entrées et de sorties (E/S),
- arrêt de l'ensemble des fonctions gérées par l'API en cas de défaut système ou d'arrêt pour la maintenance de l'outil de production.

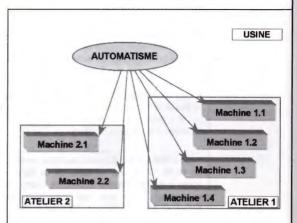


Fig. 6 – Les automatismes centralisés

#### 19.3.2 LES AUTOMATISMES DÉCENTRALISÉS

19.3.1.

LES

**AUTOMATISMES** 

CENTRALISÉS

Les contraintes imposées par les systèmes centralisés ont conduit les utilisateurs à s'orienter vers une segmentation de l'architecture.

L'automatisme a été découpé en entités fonctionnelles. Le nombre d'entrées et de sorties (E/S) par entité est réduit et présente l'avantage de faciliter la mise en service et la maintenance.

Cette segmentation génère un besoin de communication entre ces différentes entités fonctionnelles.

Les constructeurs d'automates programmables industriels (API) ont créé des réseaux locaux industriels (RLI) pour permettre cette communication

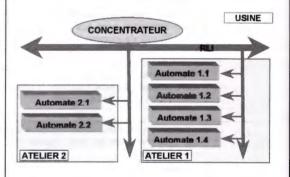


Fig. 7 – Les automatismes décentralisés

La décentralisation des entrées et des sorties et de la périphérie des automatismes permet de faire bais-

ser les coûts de câblage et prend en compte la topologie des automatismes.

#### 19.3.3. LA DÉCENTRALISATION DES ENTRÉES ET DES SORTIES

Les sites industriels sont de plus en plus étendus et il est souvent nécessaire de gérer un nombre important de points d'entrées et de sorties en tenant compte des fonctions telles que la variation de vitesse, le dialogue hommemachine, etc.

Les bus de terrain permettent de gérer les entrées et les sorties décentralisées ainsi que la périphérie des automatismes.

Les réseaux ou bus de terrain contribuent à réaliser des gains de câblage importants, mais ils permettent surtout de rendre accessibles des services sur tout le site (diagnostic, programmation, suivi de process, etc.).

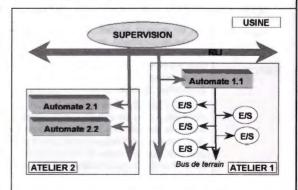


Fig. 8 – La décentralisation des E/S et de la périphérie des automatismes

# 19.4. LES BUS ET LES RÉSEAUX DE TERRAIN EN AUTOMATISME INDUSTRIEL (D'après

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

Les Fig. 9 ci-contre décrit l'architecture complète des réseaux et des bus de terrains en automatisme industriel.

La Fig. 10 ci-dessous montre la décentralisation des entrées et des sorties par le bus AS-i et celle des automates programmables industriels (API) par les bus Fipio et Fipway.

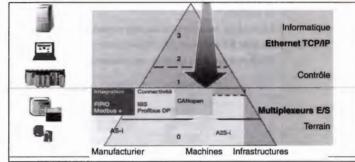


Fig. 9 - Le choix du constructeur en matière de réseaux

Communications entre Ethernet les équipements d'automatisme et l'informatique : échange de fichiers (koctets): Ethernet Communication entre îlots d'automatisme : - échange de petits emet TCP/IP. Ethway (Uni-TE, Modbus) fichiers de données. A5000 échange de nombreux messages de taille importante : Ethernet TCPIP: pour la communication ouverte "Transparent Factory". Communication entre un API et sa périphérie : E/S, TOR, analogiques, TBX, variateurs, Magelis produits partenaires Fipconnect : - échange d'octets temps critique échange de messages pour les fonctions de diagnostic FIPIO (1 000 E/S en 15 ms, 20 messages de 128 octets/s) (1) Lien entre un automate programmable et sa périphérie capteur/ actionneur de type TOR: **Produits** échange de bits : **Fipconnect** <AS-I (248 E/S en 5 ms) Offre de connectivité : - Interbus - Profibus - CANopen - Device Net - Control Net (1) Charge maximale du réseau.

Fig. 10 - Panorama des réseaux

19.4.1
PANORAMA DES
RÉSEAUX EN
AUTOMATISME
INDUSTRIEL

#### BUS AS-i:

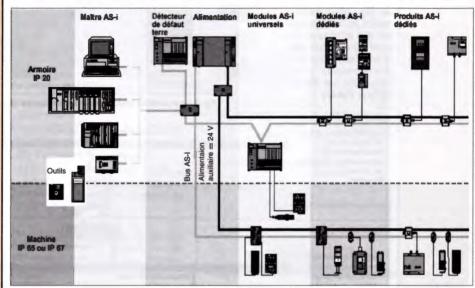
**AS-I** (Actuator Sensor interface) est un standard industriel, la transmission des informations se fait par un câble standard constitué d'une paire non torsadée, non blindée, de section 1,5 à 2,5 mm<sup>2</sup>

L'alimentation des capteurs et des actionneurs se réalise sur le même câble et s'installe directement sur la machine.

La mise en œuvre matérielle des outils logiciels permet d'effectuer le choix des constituants du Bus.

Le Bus AS-i est composé d'une station maître et de stations esclaves.

L'alimentation AS-i se situe, de préférence à proximité des stations consommant beaucoup d'énergie.



19.4.2. BUS CAPTEURS ET ACTIONNEURS

Fig. 11 - Structure d'un bus de capteurs et actionneurs (AS-i)

**As-i** n'est pas un réseau propriétaire et son raccordement vers le niveau supérieur peut être réalisé au travers de passerelles **Fipio/As-i** ou en utilisant les capacités de communication d'un coupleur de bus monté dans un **API**.

La topologie d'AS-i est libre en point à point en ligne, en arbre ou en anneau.

#### **BUS CANopen:**

CANopen s'appuie sur la technologie CAN (Controller Area Network) utilisée dans les systèmes embarqués.

Il est utilisé dans de nombreux domaines tels que le transport, les équipements mobiles, les équipements médicaux mais également dans les automatismes industriels et en particulier sur les machines.

Il utilise une double paire torsadée blindée sur laquelle 127 équipements peuvent être raccordés par simple dérivation.

Le débit binaire varie entre 10 kbits/s et 1 Mbits/s suivant la longueur du bus.

#### **BUS FIP:**

#### Deux standards sont utilisés :

#### 19.4.3. BUS DE TERRAIN

- le bus de terrain Fipio est un standard de communication entre les différents constituants d'automatisme de niveau 1. Il permet la connexion de 127 équipements à partir du point de connexion intégré au processeur.
- Il peut piloter des entrées et des sorties (E/S) jusqu'à 15 km.
- le bus de terrain Fipway est un standard de synchronisation entre les différents constituants d'automatismes de niveau 2. Il est également utilisé en réseau local industriel (RLI). Voir § 19.4.4.
- Il possède les mêmes caractéristiques que Fipio.

#### **RÉSEAU FIPWAY:**

Le **réseau** *Fipway* est un réseau local industriel assurant la communication entre les différents automates programmables. Il sert de bus de synchronisation entre automates.

Il est dérivé de la norme FIP.

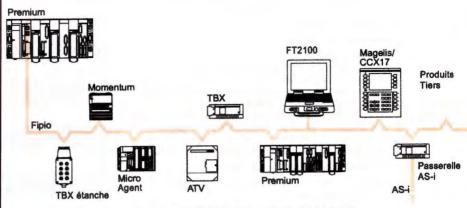


Fig. 12 - Structure d'un réseau local industriel (Fipway)

#### **RÉSEAU MODBUS ET JBUS:**

Le réseau *Modbus* (le bus *Jbus* est une variante de *Modbus*) est un réseau local industriel qui répond aux architectures Maître/Esclave. Le bus est composé d'une station Maître et de stations Esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas possible)

19.4.4. RÉSEAUX LOCAUX INDUSTRIELS (RLI)

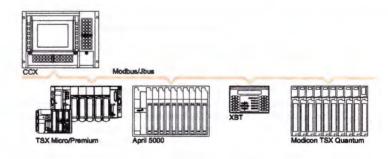


Fig. 13 - Structure d'un réseau local industriel (Modbus)

#### **RÉSEAU MODBUS PLUS:**

Le réseau *Modbus plus* est un réseau local industriel performant répondant à des architectures étendues du type Clients/Serveur, combinant un débit de 1 Mbits/s.

On peut connecter 64 nœuds sur 1 800 m sur paire torsadée (32 nœuds sur 400 m sans répétiteur).

19.4.5. RÉSEAUX ETHERNET (TCP/IP) Ethernet sans protocole de communication n'est pas un réseau mais un médium normé (voir § 19.2.4.). Il concerne les couches Liaison et Physique du modèle OSI développé § 19.2.1. Ethernet est assimilé à la **norme IEEE 802.3** 

Les principales caractéristiques de configuration d'Ethernet sont les suivantes :

- un tronçon (ou segment) principal ne peut pas excéder 500 m.
- un tronçon ne peut pas accepter plus de 100 nœuds (par nœud, on entend toute entité unique adressable sur Ethernet), la distance minimale entre deux nœuds devant être supérieure à 2,5 m.
- le câble est généralement marqué tous les 2,5 m,
- le chemin entre deux nœuds distants ne doit pas :
  - traverser plus de 2 répétiteurs (ou 4 demi-répétiteurs ou 1 répétiteur et 2 demi-répétiteurs),
  - présenter plus de 1 500 m de câble coaxial,
  - présenter plus de 1 000 m de liaisons point à point (entre demi-répétiteurs présents).

- le câble de transceiver (ou dérivation) ne peut pas excéder 50 m (liaison transceiver vers coupleur station, vers répétiteur, vers demi-répétiteur,
- la distance théorique maximale entre 2 stations ne doit pas excéder 2,8 km.

Toutes ces limitations sont liées à la technique **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) et à la vitesse de propagation des signaux électriques sur les médias ou dans les constituants, ainsi qu'aux phénomènes de réflexion.

#### LES PROTOCOLES:

#### Les deux standards sont TCP et IP.

#### - IP (Internet Protocol) :

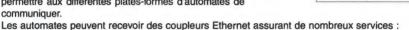
IP est le protocole principal de la couche réseau.

Chaque bloc de données qui circule sur Internet traverse la couche IP de tous les hôtes en extrémités du réseau ou des routeurs. Il assure le routage des messages qui est direct si le destinataire est sur le même réseau ou indirect si le destinataire passe par l'intermédiaire d'un routeur. Le service n'est pas fiable : en cas de saturation ce sont les couches supérieures qui assureront cette fiabilité.

#### - TCP (Transmission Control Protocol):

**TCP** est un protocole de transport fiable, il se charge de traiter la non fiabilité **d'IP**.

Les protocoles applicatifs que sont **UNI-TE** et Modbus sont implantés sur la couche application afin de satisfaire aux besoins de dialogue d'application à application et permettre aux différentes plates-formes d'automates de communiquer.



APPLICATION

TCP

DRIVER

**ETHERNET** 

applications

transport

réseau

liaison

- applet (petit programme téléchargé qui s'exécute sur l'équipement client qui en fait la demande) de diagnostic embarqué,
- applet d'éditeur de données,
- applet d'éditeur graphique,
- applet « diag viewer » autorisant le report d'alarmes et leur gestion.

#### 300 chariots chargés de l'approvisionnement à l'hôpital de Dreux

- Les chariots, au nombre de 300, sont chargés dans les sous-sols de l'hôpital et rejoignent leur point de destination en se déplaçant à la vitesse de 5 km/h sur une voie. Celle-ci est constituée d'une part de deux rainures parallèles creusées dans le sol accueillant et guidant les quatre roues des chariots, et d'autre part d'un caniveau, situé entre les deux rainures précédentes, dans lequel tourne une barre cylindrique entraînée par plusieurs moteurs asynchrones.
- Chaque chariot est équipé d'un galet qui, frottant sur la barre, transmet le mouvement de déplacement.
   Des aiguillages assurent les changements de direction et deux ascenseurs permettent l'acheminement des chariots dans les services répartis sur dix étages.
- – À leur sortie de l'ascenseur, les chariots quittent la voie et sont poussés manuellement jusqu'à leur destination finale. L'installation est divisée en 4 zones (cuisine, maternité, centrale et hôpital). Chaque zone est

découpée en tronçons élémentaires effectuant chacun une opération simple de transfert de chariot. 300 capteurs de position inductifs assurent la détection de présence et le suivi des chariots.

- Chaque chariot embarque une étiquette d'identification inductive contenant l'information de destination.
- Des lecteurs, placés au niveau des aiguillages, réalisent le décodage de l'étiquette et orientent le chariot.
- C'est une longueur de 400 m couverte par 3 bus AS-i le tout géré par 4 automates.

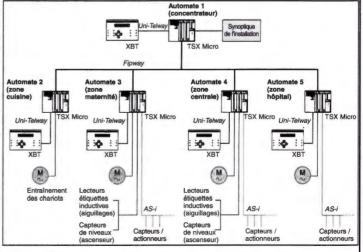


Fig. 14 – Bus de terrain AS-I et réseau inter-automates Fipway à l'hôpital de DREUX

#### 19.4.6. EXEMPLE D'APPLICATION

RÉSFAUX

ETHERNET

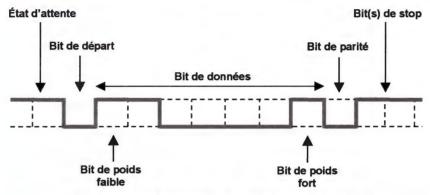
(TCP/IP)

#### 19.5. LES LIAISONS ASYNCHRONES

Les liaisons séries asynchrones sont couramment employées pour transporter les informations. Les plus utilisées sont les liaisons tension type RS 232 D, RS 422 et RS 485.

Les bits d'information (1 ou 0) arrivent à des intervalles aléatoires, en groupe (transmission asynchrone).

Les signaux d'une liaison série asynchrone ont le format *Fig. 15.* 



19.5.1. LES LIAISONS SÉRIE ASYNCHRONES

Fig. 15 - Exemple de transmission de la lettre C (code ASCII : H 43)

#### La transmission s'effectue dans l'ordre suivant :

- état d'attente (niveau logique 1),
- envoi d'un bit de départ (niveau logique 0),
- envoi des bits de données : on commence par le bit de poids faible, on termine par le bit de poids fort,
- éventuellement envoi d'un bit de parité paire ou impaire,
- envoi d'un ou deux bits de stop (niveau logique 1) indiquant la fin d'émission du caractère,
- la ligne se retrouve alors en état d'attente (niveau logique 1), le cycle peut recommencer avec l'envoi d'un nouveau caractère.

La liaison **RS 232 D (ou V24)** est une liaison tension asymétrique travaillant en logique négative. Le niveau logique 1 est défini par une tension comprise entre – 3 V et – 25 V, le niveau 0 par une tension comprise entre + 3 V et + 25 V.

La RS 232 D est une liaison unipoint unilatérale (simplex) ou bilatérale (full duplex) si la ligne est doublée entre les deux équipements.

Une liaison RS 232 D permet de véhiculer des données sur une longueur de 15 mètres maximum.

Les connecteurs normalisés qui servent aux liaisons séries asynchrones sont du type DB25 ou DB9.

19.5.2 DIFFÉRENTS TYPES DE CONNECTEURS



Connecteur DB25



Connecteur DB 9

Fig. 16 - Connecteurs du type DB

	PARAMÈTRES	RS 232 D	RS 422 A	RS 485
19.5.3	Mode fonctionnement	Asymétrique	Symétrique différentiel	Symétrique différentiel
DIFFÉRENTS TYPES DE	Nombre d'émetteurs	1	1	32
LIAISONS SÉRIES	Nombre de récepteurs	1	10	32
	Longueur maximum (m)	15	1 200	1 200
	Débit maximum (bauds)	20 kb	10 Mb	10 Mb

	Connecteur 9 broches	Connecteur 25 broches	Désignation	Repère
		1	Terre	
	3	2	Émission de données	TD
	2	3	Réception de données	RD
	7	4	Demande d'émission	RTS
	8	5	Préparation d'émission	CTS
	6	6	Données prêtes	DSR
	5	7	Masse	
	1	8	Détection porteuse	DCD
		9	Réserve	
		10	Réserve	2010
		11	Réserve	
		12	Seconde détection porteuse	SDCD
		13	Seconde détection d'émission	SCTS
19.5.4. IAISON SÉRIE		14	Seconde émission de données	STD
SYNCHRONE		15	Émission d'horloge	
RS 232 D		16	Seconde réception de données	SRD
		17	Réception d'horloge	
		18	Réserve	
		19	Seconde demande d'émission	RTS
	4	20	Terminal prêt	DTR
		21	Détection qualité signal	
	9	22	Détection sonnerie	RI
		23	Sélection vitesse transmission	
		24	Émission à horloge	
		25	Réserve	
	Une liaison série RS 2 sont pas ou rarement		de 25 fils maximum, en réalité beaucoup	de connexion
19.5.5. IAISON SÉRIE ISYNCHRONE RS 422 A	tiques de cette liaison  - vitesse de transmiss  - distance de transmi  - bonne immunité aus  Le domaine d'applicat	sont : sion jusqu'à 10 Mbauds ssion jusqu'à 1 200 mè « parasites à cause de s	tres, son mode de transmission différentiel. ssion de données entre un ordinateur cen	
19.5.6. IAISON SÉRIE SYNCHRONE RS 485	Le nombre de périphé	une version plus évolu- iriques avec lesquels un tipoint est bidirectionnel	ne unité centrale peut dialoguer est plus i	mportant.

## 19.6. VOIX - DONNÉES - IMAGES (VDI)

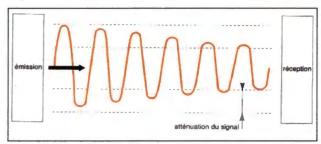
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

#### ATTÉNUATION (AFFAIBLISSEMENT) :

C'est la perte de signal liée à la caractéristique du câble et proportionnelle à sa longueur.

Plus le câble est long, plus l'affaiblissement, mesuré en dB, est important.

L'atténuation doit être minimisée et la norme impose pour la classe D un affaiblissement ≤ 20,4 dB à 100 MHz pour une liaison de 90 m.



Flg. 17 - Affaiblissement minimisé

#### PARADIAPHONIE:

La paradiaphonie (NEXT) est la mesure de la perturbation d'une paire sur une autre (câble, connecteur RJ 45, cordon, etc.).

Plus la paradiaphonie est élevée (en valeur absolue), moins il y aura de perturbation d'une paire sur une autre.

La paradiaphonie doit être élevée et la norme impose pour la classe D une valeur de l'écart paradiaphonique ≥ 32,3 dB à 100 MHz.

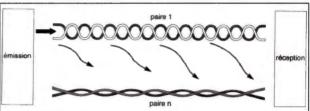


Fig. 18 – Paradiaphonie élevée (en valeur absolue)

#### RAPPORT SIGNAL/BRUIT:

Le rapport signal/bruit (ou ACR) est la différence mesurée entre la paradiaphonie et l'atténuation (ACR = Next - atténuation).

Plus l'ACR est important, meilleure est la qualité de transmission.

Ce paramètre concerne la liaison complète après installation et la norme impose pour la classe D une valeur ≥ 11,9 dB à 100 MHz.

Compte tenu des exigences des réseaux hauts débits connus à ce jour, un rapport signal/bruit de 15 dB minimum est recommandé.

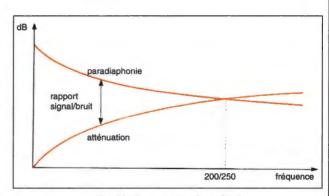


Fig. 19 - Rapport signal/bruit élevé

### Les catégories correspondent aux bandes passantes suivantes :

- Catégorie 5E: classe D de 1 à 100 MHz
- Catégorie 6 : classe E de 1 à 250 MHz

Les catégories 5E et 6 ont rendu plus sévères les valeurs imposées par les différentes normes existantes.

#### De nouveaux paramètres ont été pris en compte parmi lesquels :

- ELFEXT: paradiaphonie distante. **CATÉGORIES** 
  - PSNEXT (Power Sum NEXT) : paradiaphonie de 3 paires sur 1 à distance.
  - RETURN LOSS : affaiblissement de retour dû aux réflexions.

SKEW: différence de temps de propagation entre deux paires exprimée en nanosecondes (torsades différentes donc longueurs différentes).

19.6.1. CARACTÉRIS-**TIQUES D'UNE** INSTALLATION **DE QUALITÉ** 

19.6.2.

LES

#### NORMES ET CONVENTIONS (EN 50173):

#### - Longueurs des câbles VDI : (Fig. 20)

- A : longueur des cordons de brassages ≤ 10 m,
- B : longueur du câblage horizontal 4 paires ≤ 90 m,
- C: longueur des cordons de raccordement ≤ 10 m,

Distribution verticale entre tableaux de brassage 32 ou 64 paires ≤ 100 m, liaisons inter-bâtiments par fibre optique ≤ 1 500 m.

#### - Détorsadage des câbles :

La norme impose un détorsadage des paires ≤ 13 mm, au-delà, il est difficile de ne pas dégrader les performances. La conception des éléments de connexion **RJ 45** garantit le respect de cette longueur.

#### - Choix du câble :

La catégorie 5E définie § 19.6.2. est le minimum requis pour un câble **LAN** (Local Area Network). Il est recommandé de choisir la valeur d'ACR la plus élevée possible (Les câbles du marché actuel affichent un **ACR** à 100 MHz de 18 à 21 db).

#### - Différents types de câbles :

UTP (Unshielded Twisted Pairs) : câbles à paires torsadées non blin-

dées et non écrantées. Utilisés pour la téléphonie ils ne sont pas recommandés pour l'informatique en Europe.

FTP (Foiled Twisted Pairs) : paires torsadées entourées d'un écran en feuille d'aluminium, c'est le standard européen.

SFTP (Shielded Foiled Twisted Pairs): câbles blindés, dans leur ensemble ou paire par paire. Ces câbles sont à utiliser dans les locaux avec fortes perturbations électromagnétiques.

câbles sont à utiliser dans les locaux avec fortes perturbations électro

La fréquence très élevée circulant dans les câbles en cuivre du réseau informatique oblige à prendre des précautions lors du maniement et

- de la **pose des câbles :**les câbles sensibles à l'humidité doivent être stockés sur des tourets protégés,
- utiliser un touret dévideur de câble afin d'éviter les torsions excessives car elles génèrent des irrégularités d'impédance perturbatrices lors des transmissions à haut débit (Fig. 21),
- utiliser un rayon de courbure de pose le plus grand possible et dans tous les cas, un rayon de courbure supérieur à 8 fois le diamètre extérieur du câble ou 12 fois le diamètre extérieur du câble unitaire lorsqu'ils sont posés en faisceau (Fig. 22).
- éviter le blocage du câble et ne pas tenter de le dégager en exerçant une tension ou un effet « coup de fouet ». Lors des passages difficiles, il faut prévoir une personne chargée d'accompagner le câble à la main,
- éviter d'endommager la gaine des câbles sur des arêtes vives afin de les protéger contre toute pénétration d'humidité qui détériorerait la qualité de la transmission,
- éviter tout risque d'écrasement, la pause de collier de fixation doit se faire à la main et un léger coulissement des câbles doit être possible après fixation (Fig. 23),
- ne pas marcher sur les câbles, ni poser dessus des objets lourds,
- couper les surlongueurs de câbles plutôt que de les « lover ». En cas de nécessité lover le câble avec un diamètre minimum d'un mètre.

Pour éviter les perturbations électromagnétiques du réseau VDI liées à la proximité du cheminement de courants forts, certaines règles sont à respecter :

- il faut respecter, au minimum la norme NF C 15-100 qui préconise la séparation physique des câbles courants forts et des câbles courants faibles,
- pour éviter des effets de couplage ou de surface de boucle, il faut respecter la même distance entre les câbles courants forts et les câbles courants faibles tout au long du cheminement. Les distances à respecter sur un chemin de câbles sont au minimum de 5 cm dans le cas d'une circulation horizontale et de 30 cm (Fig. 24) dans le cas d'une circulation verticale,
- prévoir **une terre unique** pour les courants forts et les courants
- une séparation de 30 cm est préconisée par rapport aux appareillages rayonnants (ballasts fluorescents, moteurs, etc.),
- respecter un angle de 90° lors d'un croisement de chemin de câbles de courants différents,

- utiliser une goulotte à 2 ou 3 compartiments (Fig. 25) pour les descentes verticales et les distributions

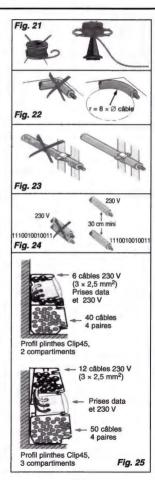
horizontales.

Utiliser systématiquement le compartiment bas pour la VDI.

19.6.4. RÈGLES DE POSE

19.6.3. RÈGLES DE

CÂBLAGE



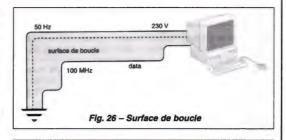
(

C

Fig. 20 Longueur des câbles

- Respecter les distances entre les câbles à courants forts et les câbles à courants faibles (Fig. 26).
- Respecter la même convention pour chacune des prises des bâtiments. Le raccordement des prises réseau RJ 45 doit suivre les deux conventions EIA/TIA 568 A et EIA/TIA 568 B (Fig. 27).
- Chaque surface de bureaux de 1 000 m<sup>2</sup> nécessite un sous répartiteur (Fig. 28).
- Par poste de travail, il faut prévoir 2 prises RJ 45 pour 10 m² et pour les courants forts, 2 prises de courant détrompées et 4 prises de courant.
- Pour les locaux spécifiques tels que les salles de réunion ou autres, il faut prévoir davantage de prises RJ 45 et de prises de courant.

Exemple d'installation d'un **VDI** dans un supermarché 48 prises informatiques et 48 prises téléphoniques (*Fig. 28*).



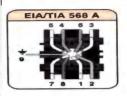


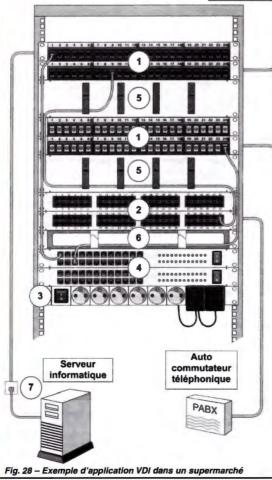


Fig. 27 - Raccordement RJ 45

#### Correspondance entre les broches des deux prises :

568 A	568 B	568 A	568 B
5	5	7	7
4	4	6	2
8	8	2	6
1	3	3	1

19.6.5. CONSEILS D'INSTALLATION



les évolutions importantes et trouve son intérêt dans des locaux tertiaires de grandes dimensions :

-(1) 4 panneaux de données (data) 19"
24 ports 1 U FTP équipés catégorie 5E.

-(2) 2 panneaux télécom 19" 24 ports 1U.

Installée dans un local technique, la baie 19" (24 ports en largeur et de 1 à 42 U en hauteur) est une solution qui permet de gérer

(3) 1 panneau 19" 8 PC + interrupteur 1U.
(4) 2 panneaux commutateur 19" 24 ports 1U actifs chargés de l'acheminement des données dans le réseau.

 (5) 2 panneaux guide cordons 2 axes 19" 2U.

(6) 2 panneaux guide cordons 2 axes 19" 1U.

- (7) Prise RJ 45.

## Volets de couleurs pour personnalisation et protection :

noir : obturateur,bleu : poste de travail,

- jaune : téléphonie et informatique,

vert : rocades,rouge : GTB, vidéo,blanc : indéfini.

## 19.7. LEXIQUE DE LA VDI

ACR: communément appelé rapport signal/bruit. C'est l'écart diaphonique (paradiaphonie - atténuation) mesuré au point d'origine et exprimé en dB.

ATM (Asynchronous Transfer Mode. Mode de transfert asynchrone): c'est un protocole de transmission de données. Atténuation ou affaiblissement : réduction de l'intensité d'un signal exprimée en dB.

Autocom (Autocommutateur ou Central téléphonique automatique) : système privé ou public, reliant automatiquement deux points d'un réseau téléphonique de facon temporaire.

Bande passante : différence entre la fréquence la plus élevée et la plus basse de l'ensemble des fréquences passant dans un canal de transmission sans altération, exprimée en Hz. Brassage: action de raccorder un connecteur à un autre dans une armoire VDI à l'aide d'un cordon spécialisé.

Bruit (parasite) : le « bruit » électrique désigne une quantité de signaux électriques parasites polluant le signal utile.

BNC (Bayonnet Neill Corcelman): connecteur à baïonnette pour câble coaxial.

BUS : principe de transmission de données en série permettant de connecter plusieurs matériels.

Câble coaxial : câble à structure concentrique comprenant un conducteur central monobrin entouré d'un diélectrique, d'une tresse assurant le blindage et d'une gaine extérieure

Câble fibre optique : câble composé d'une ou plusieurs fibres optiques assurant la transmission des signaux d'ondes lumineuses

Câbles multipaires : câble composé de plusieurs paires torsadées

C.A.D.: Connexion Auto Dénudante permettant de connecter un fil à un contact sans avoir à le dénuder et/ou à le visser.

Catégories : classification qui se rapporte à la performance des composants du précâblage (câbles, connecteurs, etc.) à partir de ses caractéristiques d'atténuation, de paradiaphonie qui permettent un fonctionnement correct, selon la norme internationale ISO 11-801.

- Catégorie 1 : aucun critère de performance

- Catégorie 2 : certifié jusqu'à 1 MHz - Catégorie 3 : certifié jusqu'à 16 MHz

- Catégorie 4 : certifié jusqu'à 20 MHz - Catégorie 5 : certifié jusqu'à 100 MHz

- Catégorie 6 : certifié jusqu'à 200 MHz

CEM : Comptabilité ÉlectroMagnétique définie par les normes EN 55-022 pour l'émission et EN 50-082-1 pour l'immunité.

Classe : définition des performances d'une chaîne de liaison associant plusieurs composants.

- Classe A: fréquence de 0 jusqu'à 0,1 MHz (soit 100 kHz)

- Classe B: fréquence de 0,1 à 1 MHz - Classe C : fréquence jusqu'à 16 MHz

- Classe D : fréquence jusqu'à 100 MHz - Classe E : fréquence jusqu'à 250 MHz

- Classe F: fréquence jusqu'à 600 MHz

Commutateur (Switch) : équipement actif chargé de l'acheminement des données dans le réseau, connectant deux ports de communication à la demande et temporairement

Concentrateur (HUB) : équipement actif permettant de raccorder plusieurs matériels de communication sur un même support de transmission

Connecteur: interface physique comprenant une partie mâle et une partie femelle.

Débit : quantité d'informations transmise par unité de temps, exprimée en bits/seconde.

Décibel (dB) : unité de quantification d'un gain ou d'une perte, exemple d'un rapport entre deux puissances (échelle logarithmique décimale).

Délai de propagation : temps que met un signal pour traverser un système.

Dépairage: erreur de câblage faite entre 2 fils issus de paires

Diaphonie locale (NEXT): mesure l'influence de la perturbation d'une paire sur une autre en extrémité d'un câble au point d'origine.

Écran : feuillard métallique enroulé autour d'un câble assurant une protection contre les perturbations électromagnétiques de hautes fréquences.

Ethernet : protocole de transmission de données défini par l'IEEE 802.3.

Étoile : principe de raccordement où le point central « HUB » est raccordé à chaque station par un câble individuel.

FDDI (Fiber Distribued Data Interfaced) : réseau de communication en anneau sur fibre optique à 100 Mbits (Standard ISO). FEXT ou Télédiaphonie : mesure l'influence (niveau de perturbation) entre 2 paires d'un même câble, d'une paire par rapport à l'autre, faite à une extrémité opposée (l'émetteur à une extrémité et le récepteur à l'autre). Elle est particulièrement critique pour le Gigabit Ethernet catégorie 6.

FTP (Foilded Twisted Pairs) : câble à paires symétriques avec écran général.

FSTP (Foilded Shielded Twisted Pairs) : câble à paires symétriques avec ruban écran et tresse générale.

Fast Ethernet: Ethernet 100 base TX à 100 Mbits/s Gigabit : communément utilisé comme contraction du Giga

Bits/s = 1 000 Mbits/s

IBCS: Integrated Building Cabling System.

ICS : IBM Cabling System. : International Electrical Comission.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IEEE 802.3 : norme définissant le réseau Ethernet et le mode d'accès CSMA/CD.

ISO: International Standard Organisation.
ISO/IEC 11801: 2002 (E): (2<sup>eme</sup> édition de septembre 2002) norme internationale dédiée au système de précâblage.

Jarretière : cordon disposant de paires de câbles repérées, permettant de raccorder deux points de répartition.

LAN (Local Area Network): Réseau Local d'entreprise (RLE). Masse : Partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut.

Monomode ou Unimodal : se dit d'une fibre optique dans laquelle ne peut être entretenu qu'un seul faisceau de rayons lumineux. Dédié aux longues distances.

Multimode ou Multimodal : se dit d'une fibre optique dans laquelle peuvent être entretenus plusieurs faisceaux de rayons lumineux. Dédié au câblage d'immeubles.

Nœud: point d'interconnexion.

NVP : vitesse de propagation nominale dans un câble, exprimée en pourcentage de la vitesse de la lumière.

Panneaux de brassage : panneau pour les connexion de câbles aboutissant dans le local de communication. Types de

panneau de baie, armoire ou coffret de brassage monté en sous-répartiteur ou répartiteur général,

panneau de brassage : regroupe les connecteurs auxquels sont raccordés les liens et permet de réunir et brasser les paires torsadées et fils optiques. Existe principalement en dimension standard 19 ",

panneaux d'organisation et guides de cordons,

panneaux de brassage téléphoniques, optiques, panneaux et tablettes supports d'actifs,

panneaux d'alimentation d'actifs.

Paradiaphonie ou diaphonie : précise le degré d'affaiblissement d'un signal parasite transmis d'une paire vers d'autres paires d'un même câble à paires torsadées. Il s'exprime en dB. PS. Power Sum (somme des puissances) : calcul effectué sur différentes mesures pour analyser, dans un câble 4 paires, l'influence de trois paires sur le quatrième.

Rack 19 ": structure métallique permettant d'accueillir plusieurs appareils au système d'accrochage normalisé 19

Répartiteur : tableau de brassage généralement en baie 19". Ensemble de panneaux de brassage ou de modules permettant l'interconnexion et la répartition des sources Voix Données Image et des lignes d'utilisateurs

Rocade : câble utilisé pour relier les répartiteurs et les sousrépartiteurs dans les systèmes précâblés.

RS 232 : norme définissant un type de liaison série

STP: Shielded Twisted Pair (Blindage général + tresse de protection CEM).

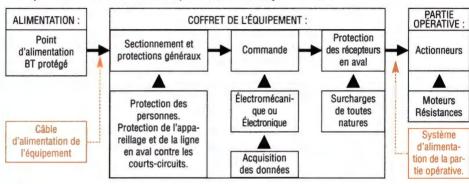
### 20. ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL

#### 20.1. RÈGLES GÉNÉRALES

- La réalisation des équipements et installations BT associe l'ensemble des matériels d'alimentation, de protection de tous types, de commande électromécanique (sectionneurs, contacteurs...) et de commande électronique (variateurs).
- La symbolisation de cette réalisation peut se faire de la façon suivante :

20.1.1.
IDENTIFICATION
DES MATÉRIELS

20.1.2. FONCTIONS RÉALISÉES



	FONCTIONS		CON	MAND	E		PRO	TECTIO	NC		LIEU	D'INS	TALLA	LION	GUIDE
	MATÉRIELS	SECTIONNEMENT	E FONCTIONNEMENT	© COUPURE D'URGENCE	© ARRÊT D'URGENCE	COUPURE POUR ENTRETIEN	SURCHARGE	COURT-CIRCUIT	DÉFAUT D'ISOLEMENT	BAISSE DE TENSION	A L'ORIGINE DE CHAQUE CIRCUIT	A L'ORIGINE DE CHAQUE TABLEAU	CIRCUIT ALIMENTANT LES MACHINES	BESOIN D'EXPLOITATION	RENVOI AU CHAPITRE ET PARAGRAPHE
	TÉLÉRUPTEUR		•	•		•						•	•	•	9
	VARIATEURS		•				•			•				•	12
	SECTIONNEUR	•									•				20.2
ı	FUSIBLES	•					•	•			•				20.4
	CONTACTEUR		•	•	•	•					•	•	•	•	20.5
	DISCONTACTEUR		•	•	•	•	•				•	•	•	•	20.6 / 10
	DISJONCTEUR		•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	20.12
	DISJONCTEUR SECTIONNEUR	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	20.12
	DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	20.13
	INTERRUPTEUR DIFFÉRENTIEL	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•	20.13 à 14
	INTERRUPTEUR SECTIONNEUR	•	•	•	•	•					•	•	•	•	20.13 à 14
	RELAIS		•							•				•	20.17
	AUTOMATES		•											•	20.18
	INTERRUPTEUR	•	•	•	•	•					•	•	•	•	20.14

(1) Mise « en » et « hors » tension d'une installation ou d'un appareil.

<sup>(2)</sup> Mise « hors » tension d'un circuit ou d'un appareil qu'il serait dangereux de maintenir sous tension (incendie...). Coupure de tous les conducteurs actifs.

<sup>(3)</sup> Commande type « coup de poing » aisément reconnaissable rapidement accessible et située à proximité de tout endroit où le danger peut se produire.

#### DÉFINITION DU CIRCUIT DE DISTRIBUTION ET DU CIRCUIT **TERMINAL**

Un circuit de distribution peut alimenter un ou plusieurs tableaux de distribution ou circuits terminaux ① (Fig. 1).

Un circuit terminal alimente un récepteur tel que moteur, chauffage, éclairage,... 2 (Fig. 1).

#### Exemples:

L'alimentation d'une canalisation préfabriquée constitue un circuit de distribution. La dérivation faite à partir d'une canalisation préfabriquée constitue un circuit terminal.

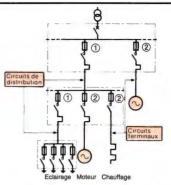


Fig. 1 - Circuits de distribution et terminaux.

Elle doit être prévue à l'origine (point de dérivation, changement de section) de tout circuit ou partie de circuit non protégé par un dispositif placé en amont.

Cependant le dispositif de protection peut être renvoyé au maximum à 3 m de l'origine (Fig. 2) ou plus sous certaines conditions (2).

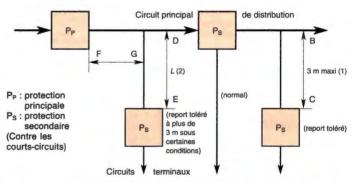


Fig. 2 - Protection des circuits de distribution et terminaux

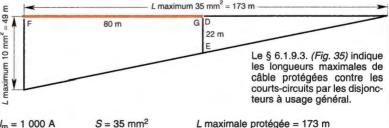
#### STRUCTURE D'UNE INSTALLATION BT

20.1.3.

Déplacement du disposition de protection secondaire (NFC 15-105) (Voir également § 6.1.2.) :

- Si la longueur BC ≤ 3 m (1)
  - Si BC est renforcé pour réduire au minimum les risques de court-circuit (Pose sous conduit par exemple)
  - Si BC n'est pas à proximité de matériaux combustibles
  - Si BC ne comporte ni dérivations, ni prises de courant
- S'il existe en amont un dispositif de protection Pp protégeant la longueur DE (2)de section S contre les courts-circuits
  - Si DE n'est pas à proximité de matériaux combustibles
  - Si DE ne comporte ni dérivations, ni prises de courant

Exemple: Soit en Pp un disjoncteur muni d'un magnétique 1 000 A (Im) 400 V Circuit de distribution principal triphasé : 35 mm² (Cu) FG = 80 m Circuit terminal triphasé : 10 mm2 (Cu). Déterminer la valeur maximale de DE.



 $I_{\rm m} = 1\,000\,{\rm A}$  $S = 35 \text{ mm}^2$ 

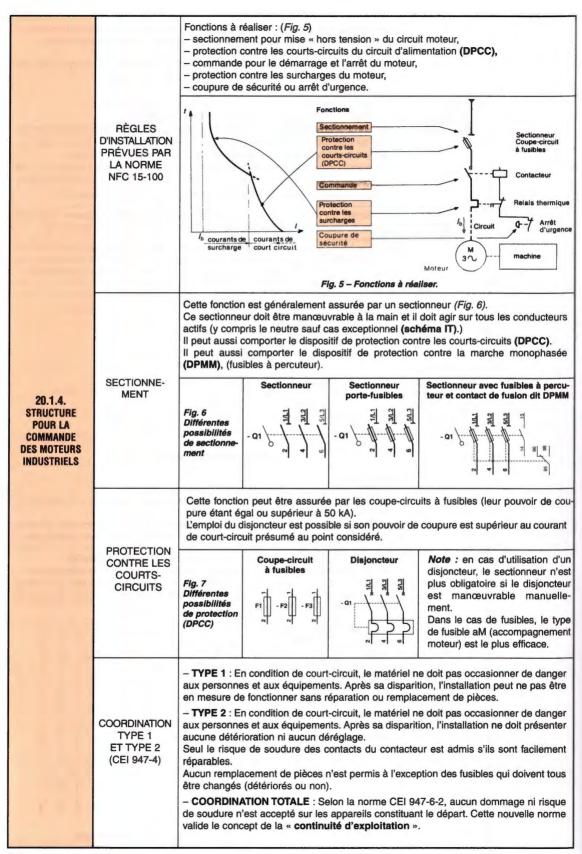
 $I_{\rm m} = 1\,000\,{\rm A}$  $S = 10 \text{ mm}^2$ L maximale protégée = 49 m Le triangle des longueurs protégées donne, pour FG = 80 m : DE = 22 m maximum.

PROTECTION **CONTRE LES** 

COURTS-

CIRCUITS

Elle est obligatoire sauf pour les parties non susceptibles d'être parcourues par des surintensités de surcharge et à condition d'être protégées contre les courts-circuits. La détermination du dispositif de protection se fait à partir : - du courant admissible /, dans le conducteur en permanence (il dépend de facteurs tels que mode de pose, température ambiante, etc. (Chapitre 6). du courant l<sub>n</sub> du dispositif de protection, - du courant d'emploi  $I_b$  qui circule dans le conducteur ( $I_b \le I_z$  et à  $I_n$ ). **PROTECTION** Deux options sont possibles en association avec le contacteur : CONTRE LES a) emploi de fusible à usage général gG (tolérances de fonctionnement étendues de par SURCHARGES leur construction), il faut choisir  $I_0 < I_2$ ; le courant d'emploi  $I_b$  étant au plus égal à  $I_a$ . les conducteurs ne peuvent pas être utilisés à leurs conditions optimales. b) emploi d'un relais thermique (dispositif plus précis et ajustable), il faut régler  $l_n$  à  $l_z$ , les trois courants In. In et Iz pouvant être identiques : les conducteurs peuvent être utilisés à leurs conditions optimales (utilisation plus économique des conducteurs). COMMANDE Le contacteur est un dispositif de commande. Il présente l'avantage de pouvoir être commandé à distance et d'assurer, si le besoin s'en fait sentir, une coupure de sécurité. DU CIRCUIT La norme NFC 15-100 précise que, si un dispositif assure la protection contre les surcharges et si il est doté d'un pouvoir de coupure supérieur au courant de court-circuit présumé à l'endroit où il est installé, il assure aussi la protection contre les courts-circuits. Caractéristique thermique du câble Canalisation 1.en surcharge coffret de préfabriquée 2.en court-circuit dérivation Caractéristique de fonctionnement 'un ensemble coordonné 3 relais thermique 4.fusibles aM 5 fusibles aG **PROTECTIONS** COMBINÉES discontacteu **CONTRE LES** SURCHARGES **ET LES** COURTS-Iz = I réglage du relais CIRCUITS In du fusible gG Fig. 3 - Protections associées. Possibilités : - fusibles gG associés à un contacteur « Courbe 5 ». (Fig. 3) - fusibles aM + contacteur + relais thermique; ensemble coordonné « Courbe 3 » et « Courbe 4 » (Fig. 3) disjoncteur muni d'un déclencheur magnéto-thermique (l'appareil doit être placé en tête de circuit terminal, ne convient pas dans le cas d'une canalisation préfabriquée). Installations dont le point neutre est relié directement à la terre (TT ou TN) : - pas de protection sur le neutre si sa section est égale à celle des conducteurs de phase. si la section du neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase (S > 25 mm²), le neutre est protégé par un détecteur de surintensité entraînant la coupure des phases mais pas obligatoirement celle du neutre. Installations dont le point neutre n'est pas raccordé à la terre (IT): - le neutre doit être coupé - F1 s'il est distribué. **PROTECTION** - en l'absence de DDR le DU neutre sera protégé par un CONDUCTEUR dispositif entraînant sa cou-DE NEUTRE pure et celle des phases (conforme à la NFC 15-100). 80 F Fig. 4 - Coupure du neutre.



Cette fonction est assurée par le contacteur. (Fig 8) La norme NFC 15-100 interdit le démarrage automatique après un manque de tension quand celui-ci présente un danger. Le contacteur commandé par boutons poussoirs répond à cette règle. Le cycle de manœuvres habituel pour un contacteur, correspond à la catégorie AC 3. COMMANDE DU - so E DÉMARRAGE Cycle de manœuvres en ET DE L'ARRÊT catégorie d'emploi AC3 DU MOTEUR Courant Temps Ouverture du Fig. 8 - Commande du moteur. Cette fonction est assurée dans la majeure partie des cas par un relais thermique Il permet la protection du circuit et du moteur contre les surcharges. Il agit également en cas de coupure de phase (fusion d'un seul fusible par exemple) grâce aux « bras différentiels ». Fusibles de protection du circuit de commande du contacteur - Q1 Fonctionnement dun relais thermique mini 105 % /. maxi 120 % /-40 5 Variation du courant du moteur pendant 12 5 **PROTECTION** le démarrage 75 CONTRE LES SURCHARGES multiples de / réglage 35 5 2 Vers Moteur / réglage - Q1 Q1:8 13 Fig. 9 - Protection contre les surcharges. La caractéristique de fonctionnement « à temps inverse » du relais thermique autorise une durée de démarrage d'au moins 7 s à partir de l'état froid. (Classe de retard T2 définie par la NFC 63 650.) Si les démarrages se succèdent à une cadence égale ou supérieure à 120/h (30/h si / > 125 A), il convient d'assurer la protection du moteur par sondes CTP incorporées au moteur. CTP : coefficient de température positif. Organe unique, rapidement reconnaissable et facilement accessible mettant hors ten-COUPURE DE sion la machine. SÉCURITÉ OU Cette fonction est assurée le plus souvent par un bouton d'arrêt d'urgence commandant ARRÊT D'URGENCE le contacteur : S3 (Fig. 9). La définition des différents calibres (contacteurs, fusibles, relais thermiques) dépend du type de démarreur (§ 11.1.8.). Les fusibles calibrés à In, seront toujours placés en amont du démarreur. Du fait du calibrage des fusibles par rapport aux contacteurs et relais thermiques dans CAS DES **DÉMARREURS** certains cas, la qualité de coordination peut être moindre que celle obtenue en démar-Il faut alors soit augmenter légèrement la section des conducteurs, soit diminuer leur longueur. Note: Les schémas électriques ainsi que leurs repérages sont traités § 11.1.8. Les grafcet, organigramme et chronogramme sont traités chapitre 22.

	ALTITUDE	pératui Si l'alti	it sur la tension d'er re ne baisse pas sim tude ne dépasse pa eil n'est à prendre e	nultanément). s 3 000 m, a				
	TEMPÉRATURE	ment s de - 20	ractéristiques de l'a e situe dans la plago ) °C à + 40 °C pour ) °C à + 55 °C pour u	e. un montage	en coffrets ou e	en armoires	i.	
			ermet de définir le tr l'atmosphère au voi				sidérer.	
		Le trai midité Tempé	erature (°C)	utilisé dans le 20 40	50	uivantes de	températ	ure et d'hu-
		Il peut telle o import lemen En coi ticuliei dans o tiques	lité relative (%) également être utili u passagère, ou si antes et rapides pou ts d'eau sur les appa séquence, le traiter dans les pays des z des locaux industriel extérieures, les vari et minime, et celui de	les variation rur provoquer dareils. nent « TC » econes tropical s normalementations de ter	ns de températ de fortes conde est utilisable sou les et équatorial nt aérés. En effo npérature sont	ure ne sor nsations er us toutes le les lorsque et, à l'abri d faibles, le	nt pas su ntraînant d s latitude: le matérides condit	ffisamment des ruissel- s et en par- el est placé tions clima-
		Ce tra	nent « ambiance » c itement est principal (ruissellement d'eau	ement utilisé		d avec con	densation	s systéma-
20.1.5. Conditions D'environnement		Locali- sation	Ambiance extérieure	Conditions de fonctionne- ment	Chauffage intérieur de l'enveloppe à l'arrêt	Type de climat	Traitemen du matériel	de l'enveloppe
	AMBIANCE	À l'inté- rieur d'un local	Pas de ruissellement d'eau ni de condensation	Indifférent	Pas nécessaire	Indifférent	TC	тс
			Présence de ruissel- lement d'eau ou de	Arrêts fré- quents de durée supé- rieure à	Sans	Tempéré Equatorial	TC TH	TH TH
			condensation dans le local	1 jour	Avec	Indifférent	TC	TH
			dans le local	Permanent	Pas nécessaire	Indifférent	TC	TH
		A l'exté-	Pas de ruissellement d'eau	Indifférent	Pas nécessaire	Tempéré Equatorial	TC TH	TC TH
		(sous abri)	ou de rosée			Equatorial		
		A l'exté- rieur ou en bord	Présence fréquente et systématique de ruissellement d'eau	Arrêts fréquents de durée supérieure	Sans	Tempéré Equatoria I	TC TH	TH
		de mer	ou de rosée	à 1 jour	Avec	Indifférent	TC	TH
				Permanent	Pas nécessaire	Indifférent	TC	TH
		Fig	. 10. – Tableau indiqua				nts cas d'	
	INFLUENCES EXTERNES	matérie L'IP es 1 <sup>er</sup> chif 2 <sup>e</sup> chiff	t caractérisé par deu fre : protection contr re : degré de pro	ux chiffres car e les contacts tection contre	ractéristiques. s et la pénétrati e la pénétration	on des cor	ps solides	
		2º chiff L'IK (de		tection contre térisé par deu	la pénétration			is.

#### 20.2 LES SECTIONNEURS À FUSIBLES (D'après SCHNEIDER ELECTRIC) 20.2.1 Isoler un circuit FORME. Représentatio Supporter les fusibles Fonction SYMBOLE ET graphique Verrouiller une Installation **FONCTION** D'USAGE Sectionneur tétrapolaire + 1 « F » Lorsque l'altitude et la température ambiante ne répondent pas aux conditions d'environnement (§ 20.1.5). Il faut procéder aux déclassements suivants : - pour l'altitude : 1 % par 100 m au-dessus de 3 000 m ALTITUDE ET - pour la température : 20.2.2 **TEMPÉRATURE** CRITÈRES À 40 °C 45 °C 50 °C 55 °C T: température ambiante à l'extérieur du coffret PRENDRE EN 55 °C 60 °C 65 °C 70 °C t : température ambiante autour de l'appareil **COMPTE POUR CHOISIR UN** k : coefficient de déclassement 0% 15 % 20 % 25 % SECTIONNEUR Le sectionneur répond à la catégorie d'emploi AC 20, il est obligatoire de s'assurer qu'il sera manœuvré à vide. COMMANDE Il est recommandé d'insérer le (ou les deux) contact(s) de précoupure du sectionneur dans le circuit de commande du contacteur avec lequel il est en série. TYPE DE SECTIONNEURS LS1 D32 LS1 D323 GK1 E. GK1 F. Environnement - 50 à + 70 °C inclinaison ± 23° Caractéristiques des pôles Tension assignée d'emploi en alternatif 690 690 690 690 avec tubes mm<sup>2</sup>/A 2.5/32 2.5/25 6/50 25/125 Courant permanent maximum 25/125 avec fusibles aM mm<sup>2</sup>/A 2.5/32 2.5/22 6/50 pour une température ambiante ≤ 40 °C avec fusible gG mm<sup>2</sup>/A 1,5/32 1,5/20 6/40 16/100 Caractéristiques du contact de précoupure 500 500 500 20.2.3 Tension assignée d'emploi = V 440 440 220 **EXEMPLE** DE FICHE Courant conventionnel thermique A 2.5 6 6 **TECHNIQUE** Caractéristiques des cartouches fusibles (maximum) 10 × 38 10 × 38 14 x 51 22 × 58 Taille du fusible ~ 400 V A 32 25 50 125 ~ 500 V A 16 40 80 type aM ~ 600 V A 25 50 40 100 ~ 400 V A 32 25 ~ 500 V A 20 40 80 type gG ~ 600 V 25 50 A puissance maximale du fusible W 3.2 8.5 Les fusibles placés dans le sectionneur sont généralement des cartouches du type gG. Exemple: 20.2.4 CAS D'UNE Un câble U 1 000 R 2 V 4 x 10 mm<sup>2</sup> + PE doit alimenter un circuit de distribution.

Courant d'emploi 40 A - Tension 400 V 50 Hz

(Fiche technique § 20.2.3)

Le sectionneur convenant à l'isolement et à la protection contre les courts-circuits sera du type  $GK1 - E_{\bullet}$  (tétrapolaire) avec 3 fusibles gG40 + Neutre (14 x 51).

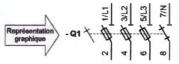
**EXEMPLE** 

D'APPLICATION

DISTRIBUTION

20.3.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE





Isoler un circuit
Supporter les fusibles

Porte-fusible triphasé + neutre

Les porte fusibles servent de support aux fusibles de **type B** avec ou sans témoin de fusion *(§ 20.4.)* Ils sont conformes à la norme NF C 61-201 et possèdent les caractéristiques suivantes :

- tiroir à fusible imperdable.
- version avec ou sans voyant,
- raccordement par bornes à cage pour câbles jusqu'à 16 mm²,
- sectionnement de la phase et du neutre dans l'encombrement habituel de la phase (modulaire).
- coupure pleinement apparente, l'ouverture de la phase entraîne obligatoirement l'ouverture du neutre,
- la phase s'ouvre avant le neutre lors de l'ouverture et se ferme après le neutre lors de la fermeture du circuit.

20.3.2.
CRITÈRES À
PRENDRE EN
COMPTE POUR
CHOISIR UN
PORTE-FUSIBLES

	Coupe-circuit		Tarif		Calibre	Tension		- 1	faille d	es car	louche	S		No	omb	re de	e pôl	es
	sectionnable (type)	Bleu	Jaune	Vert	(A)	d'emploi (V)	8,5 × 23	8,5 × 31,5	10,3 × 25,8	10,3 × 31,5	10,3 × 38	14 × 51	22 x 58	1 ou N	1 + N	2	3	3 + N
	SF'clic	х			2 à 32	250 à 400	х	х	х	х	х				x			
	STI		x	х	2 à 32	400 à 660		х			х			x	x	x	x	х
S	SBI		x	х	10 à 100	400 à 660						х	х	х	x	х	х	x
	IF		х	х	0,5 à 32	250 à 415		x			х				x	х	x	x

#### Note:

L'encombrement est exprimé en pas de 9 mm.

Nombre de pas suivant le nombre de pôles et le type de porte-fusibles :

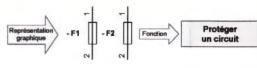
	1 ou N	1 + N	2	3	3 + N
SF clic	-	2		-	_
STI	2	2	4	6	6
SBI	3 (50 A) -4 (100 A)	6 (50 A) -8 (100 A)	6 (50 A) -8 (100 A)	9 (50 A) - 12 (100 A)	12 (50 A) - 16 (100 A)
IF	-	4	4	6	8
II.	_	4	4	ь	8

#### 20.4 LES FUSIBLES

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.4.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE





1

### Cartouche gG ou cartouche aM quelles différences ?

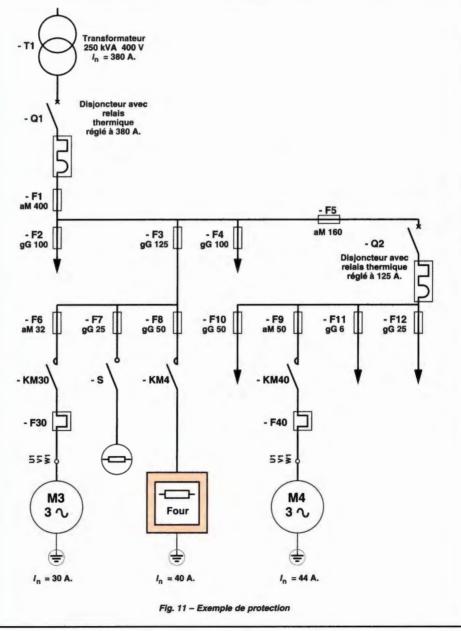
20.4.2. CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN FUSIBLE

Les cartouches **gG** protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges et, bien sûr, contre les courts-circuits.

Les cartouches **aM** protègent contre les fortes surcharges et contre les courts-circuits ; elles sont dimensionnées pour résister à certaines surcharges comme, par exemple, le démarrage d'un moteur. Ces cartouches doivent être obligatoirement associées à un dispositif de protection thermique contre les faibles surcharges.

Les cartouches **gG** (usage général ou industriel) sont marquées en noir ; les cartouches **aM** (accompagnement moteur) sont marquées en vert.

Exemple de protection par cartouches gG et aM (Fig. 11) :	
F1. Cartouches aM 400 à la sortie du transformateur.	F7. Cartouches gG 25 pour ligne d'éclairage.
F2.F3.F4. Cartouches <b>gG</b> 100 et 125 en protection divisionnaire	F8. Cartouches <b>gG</b> 50 pour alimentation d'un four électrique de 30 kW.
F5. Cartouches <b>aM 160</b> pour compléter en pouvoir de coupure un disjoncteur divisionnaire.	F9. Cartouche <b>aM 50</b> associée à un discontacteur (protection thermique et surcharge) pour alimentation d'un moteur de 22 kW
F6. Cartouches <b>aM 32</b> associées à un discontacteur (protection thermique et surcharge) pour alimentation d'un moteur de 15 kW.	F10.F11.F12. Cartouches <b>gG 50, gG 6 et gG 25</b> pour différents départs.



### Pourquoi parler d'intensité et de tension nominales ?

L'intensité nominale peut traverser indéfiniment un fusible sans provoquer ni fusion, ni échauffement excessif; la tension nominale est la tension maximale sous laquelle ce fusible peut être utilisé

### 3 Une cartouche fusible consomme-t-elle?

Traversée par un courant, une cartouche se comporte comme une résistance et consomme toujours un peu. Les consommations maximales pour chaque type et calibre sont définies par les normes.

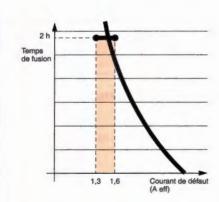
## Qu'appelle-t-on courants conventionnels de non-fusion et de fusion ?

Courant conventionnel de non-fusion ( $I_{nf}$  ou  $I_1$ ): « Valeur spécifiée de courant qui peut être supportée par la cartouche fusible pendant un temps spécifié (temps conventionnel) sans fondre »

Courant conventionnel de fusion ( $l_1$  ou  $l_2$ ): « Valeur spécifiée du courant qui provoque la fusion de la cartouche fusible avant l'expiration d'un temps spécifié (temps conventionnel). »

Calibres intensité intensité temps de non-fusion conventionnel de fusion 11 = 04 A 1.5 / 2.1 / 1 h 1,9 / 5 à 10 A 1 h 1,5 In 11 à 25 A 1.4 / 1.75 / 1 h 26 à 63 A 1,6 / 1 h 1,3 /n 64 à 100 A 1,3 In 1,6 /r 2 h 101 à 150 A 1,6 /r 2 h 1,2 In 161 à 400 A 1,2 ln 1,6 / 3 h

# CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN FUSIBLE

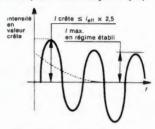


Dans l'exemple ci-dessus (gG 100) le temps conventionnel = 2 h

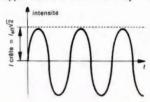
$$I_{nf} = 1,3 I_n$$
  $I_f = 1,6 I_n$ 

### 5 Qu'appelle-t-on courant de court-circuit présumé ?

C'est l'intensité efficace qui s'établirait en cas de court-circuit en l'absence de toute protection. Sa valeur de crête est d'autant plus élevée que le  $\cos \varphi$  de l'installation est faible (court-circuit asymétrique)



Développement d'un court-circuit asymétrique

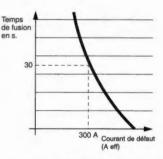


Développement d'un court-circuit symétrique

### 6 Qu'est-ce que la zone de fonctionnement?

Les zones de fonctionnement délimitées par les normes, permettent de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant le traversant.

Il est important de connaître ces caractéristiques de fonctionnement, pour calculer la sélectivité des différentes protections installées en série.



Une surcharge de 300 A fera fondre une cartouche 22 × 58 gG 100 A, en 30 secondes.

### 7 Quelle est l'importance du pouvoir de coupure ?

Plus le pouvoir de coupure est important, plus le fusible est apte à protéger l'installation contre des courts-circuits d'intensité élevée. Les fusibles HPC (Haut Pouvoir de Coupure) limitent des courts-circuits qui pourraient atteindre plus de 100 000 A efficaces.

### 8 Quelle est l'importance du pouvoir de limitation ?

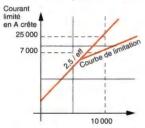
Un court-circuit est dangereux tant par ses effets électrodynamiques que par ses effets thermiques :

- les effets destructeurs électrodynamiques dépendent du carré du courant crête atteint lors du court-circuit :
- les effets destructeurs thermiques dépendent de la contrainte thermique de ce même court-circuit.

Les cartouches fusibles limitent au maximum possible ces deux effets.

### 9 Qu'appelle-t-on courbe de limitation?

La limitation du courant peut varier suivant les conditions du court-circuit (intensité,  $\cos\varphi$  angle  $\psi$  de début de court-circuit). Les courbes de limitation des cartouches représentent les valeurs maximales des courants limités pouvant être atteints dans les conditions les plus défavorables.



Courant de court-circuit présumé (Aeff)

Pour un court-circuit présumé de 10 000 A eff, compte tenu de l'asymétrie maximale du courant, ce dernier pourrait atteindre une valeur maximale de 2,5 / eff, soit 25 000 A crête. La cartouche cylindrique gG 100 a limité la première onde de courant à 7 000 A crête, soit environ le tiers de la valeur maximale présumée. Les effets destructeurs électrodynamiques sont donc réduits dans le rapport de 1 à 10 (7 000/25 000) <sup>2</sup> de la valeur maximale possible. Ce rapport de limitation sera d'autant plus élevé que le courant présumé de court-circuit sera important.

Exemple: court circuit 100 000 A eff soit 250 000 A crête.

La cartouche gG 100 cylindrique limite ce courant à 15 000 A crête :

- soit une limitation à 6 % du courant maximal présumé;
- soit une limitation à 36 % des efforts électrodynamiques maximaux présumés.

### 10 Qu'appelle-t-on contrainte thermique ?

Elle dépend de l'énergie thermique limitée par la cartouche lors de la coupure. Effectivement, un court-circuit dégage une énergie considérable qui peut être calculée par l'intégrale de Joule :

$$R\int_0^t i^2 dt = RI_{\text{eff}}^2 t$$

Lors d'un court-circuit la contrainte thermique limitée par la cartouche correspond à :

$$c = \int_0^t i^2 dt$$

Cette contrainte thermique s'exprime en ampères<sup>2</sup> x seconde

## Pourquoi limiter considérablement la contrainte thermique ?

L'énergie dégagée par le court-circuit, s'il n'est pas limité, peut entraîner rapidement la fusion de tout ou partie de l'installation.

Deux paramètres principaux régissent la contrainte thermique :

- le cos φ : plus il est faible, plus l'énergie est élevée.
- la tension : plus elle est importante, plus l'énergie est élevée.

Les cartouches fusibles limitent considérablement cette énergie. Par exemple un court-circuit asymétrique de 10 000 A eff. en 230 V. cos  $\varphi$  = 0,1 en l'absence de cartouche, se développerait sur plusieurs ondes de courant. Pour la seule première onde, la contrainte thermique pourraît s'élever à 4 000 000  $\rm A^2$  secondes.

Dans ces mêmes conditions de défaut, une cartouche **gG 100** limitera la contrainte thermique à 90 000 A<sup>2</sup> secondes, soit 1,95 % de la valeur sur la seule première onde du courant présumé.

### 12 Qu'est-ce que la sélectivité?

Un courant traverse généralement plusieurs appareils de protection en série. Ces appareils sont calculés et repartis en fonction des différents circuits à protéger. Il y a bonne sélectivité lorsque seul l'appareil protégeant le circuit en défaut fonctionne.

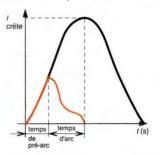
Tableau § 20.20.1.

## Quelle différence entre contraintes thermiques de pré-arc et d'arc ?

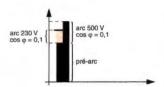
Un fusible coupe un court-circuit en deux temps : le pré-arc puis l'arc. La contrainte thermique de pré-arc correspond à l'énergie minimum nécessaire pour que l'élément fusible de la cartouche arrive à son point de fusion. Il est important de connaître cette contrainte thermique pour déterminer la sélectivité sur court-circuit entre plusieurs systèmes de protection en série.

La contrainte thermique de pré-arc est sensiblement constante, quel que soit le courant de défaut.

La contrainte thermique d'arc correspond à l'énergie limitée entre la fin du pré-arc et la coupure totale.



Les contraintes thermiques de pré-arc et d'arc sont liées à la forme de ces courbes.

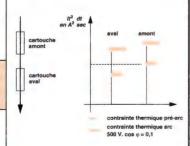


La somme des contraintes thermiques d'arc et de pré-arc donne la contrainte thermique totale.

## Comment déterminer la sélectivité d'un système de protection ?

 Par les contraintes thermiques : la contrainte thermique de pré-arc du fusible amont doit être supérieure à la contrainte thermique totale du fusible aval

Fig. 19 et 20 § 20.4.7. Fig. 25 et 26 § 20.4.8.



Si la contrainte totale « aval » est supérieure à la contrainte de pré-arc amont il y a mauvaise sélectivité.

 Directement à partir du tableau : § 20.20

#### **TEMPÉRATURE AMBIANTE**

Lorsque la température ambiante ne répond pas aux conditions d'environnement (§ 20.1.5), il y a lieu d'appliquer le coefficient de déclassement :

$$k_{\rm f}=\sqrt{\frac{120-t_{\rm a}^{\rm o}}{65}}$$

to : température ambiante > 55 °C

REMPLACEMENT **DES FUSIBLES** 

- Remplacer un fusible défectueux par un fusible de même type et portant la même tension de fonctionnement pour conserver le même pouvoir de coupure.
- Il est conseillé de remplacer toutes les cartouches assurant la protection d'un même circuit et non pas seulement celle qui est défectueuse.

TAILLE DES CARTOUCHES FUSIBLES SUIVANT LE CALIBRE (CEI 269-2
--

	DEG OAN			SIBLES SUIVANT LE CALIBRE (CEI 269-2)	
Dimensions (mm)	Туре	Tension (V)	P de C (KA)	Calibres (A)	Cartouches
5 × 20	F	250	1,5	$0,2-0,5-0,63-1-1,25-1,6-2-2,5-3,15-5-6,3-10_6$	cylindriques
6,3 × 23	(4)	250	6	2-4-6	66
8,5 × 23	(4)	250	6	2 <sub>1</sub> - 4 <sub>1</sub> - 6 <sub>1</sub> - 10 <sub>1</sub>	-66
10,3 × 25,8	(4)	250	6	6 <sub>1</sub> - 10 <sub>1</sub> - 16 <sub>1</sub>	64
8,5 × 31,5	(4) gG aM	400 400 400	20 20 20	$0.5 - 1 - 2_1 - 4_1 - 6_1 - 8_1 - 10_1 - 12_1 - 16_1 - 20_1 - N$ $1 - 2_1 - 4_1 - 6_1 - 8 - 10_1 - 12 - 16_1 - N$ $1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - N$	u
10,3 × 31,5	(4)	400	20	16 <sub>1</sub> - 20 <sub>1</sub> - 25	25
10 × 38	(4) gG (HPC) aM (HPC)	400 500 500	20 100 100	32 <sub>1</sub> - N 0,5 - 1 - 2 <sub>1</sub> - 4 <sub>1</sub> - 6 <sub>1</sub> - 8 <sub>1</sub> - 10 <sub>1</sub> - 12 <sub>1</sub> - 16 <sub>1</sub> - 20 <sub>1</sub> - 25 <sub>1</sub> - N 0,25 - 0,50 - 1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 <sub>5</sub> - 25 <sub>5</sub> - N	4
14 × 51	gG (HPC) aM (HPC)	500 500	3.5	2 - 4 <sub>2</sub> - 6 <sub>2</sub> - 10 <sub>2</sub> - 16 <sub>2</sub> - 20 <sub>2</sub> - 25 <sub>2</sub> - 32 <sub>2</sub> - 40 <sub>2</sub> - 50 <sub>2</sub> - N 1 - 2 <sub>2</sub> - 4 <sub>2</sub> - 6 <sub>2</sub> - 8 <sub>2</sub> - 10 <sub>2</sub> - 12 <sub>2</sub> - 16 <sub>2</sub> - 20 <sub>2</sub> - 25 <sub>2</sub> - 32 <sub>2</sub> - 40 <sub>2</sub> - 45 <sub>2,5</sub> - 50 <sub>2,5</sub> - N	44
22 × 58	gG (HPC)  aM (HPC)  AD (EDF)	500 500 440	100 100 32	4 - 6 - 10 <sub>2</sub> - 16 <sub>2</sub> - 20 <sub>2</sub> - 25 <sub>2</sub> - 32 <sub>2</sub> - 40 <sub>2</sub> - 50 <sub>2</sub> - 63 <sub>2</sub> - 80 <sub>2</sub> - 100 <sub>2</sub> - 125 <sub>2,5</sub> - N 16 <sub>2</sub> - 20 <sub>2</sub> - 25 <sub>2</sub> - 32 <sub>2</sub> - 40 <sub>2</sub> - 50 <sub>2</sub> - 63 <sub>2</sub> - 80 <sub>2</sub> - 100 <sub>2</sub> - 125 <sub>2,5</sub> - N 30 - 45 - 60 - N	a
Taille 00	gG/gL aM AD (EDF)	500 500 440	120 120 32	25 <sub>0</sub> - 32 <sub>0</sub> - 35 <sub>0</sub> - 40 <sub>0</sub> - 50 <sub>0</sub> - 63 <sub>0</sub> - 80 <sub>0</sub> - 1 00 <sub>0</sub> - 125 <sub>0</sub> - 160 <sub>0</sub> - N 25 <sub>0</sub> - 32 <sub>0</sub> - 40 <sub>0</sub> - 50 <sub>0</sub> - 63 <sub>0</sub> - 82 <sub>0</sub> - 1 00 <sub>0</sub> - 125 <sub>0,5</sub> - N 45 - 60 - 90 - N	à couteaux
Taille 0	gG/gL aM	500 500	120 120	63 <sub>3</sub> - 80 <sub>3</sub> - 100 <sub>3</sub> - 123 <sub>3</sub> - 160 <sub>3</sub> - 200 <sub>0</sub> - N 63 <sub>3</sub> - 80 <sub>3</sub> - 100 <sub>3</sub> - 125 <sub>3</sub> - 160 <sub>3</sub> - N	ш
Taille 1	gG/gL aM	500 500	120 120	125 <sub>3</sub> - 160 <sub>3</sub> - 200 <sub>3</sub> - 250 <sub>3</sub> - N 125 <sub>3</sub> - 160 <sub>3</sub> - 200 <sub>3</sub> - 250 <sub>3</sub> - N	4
Taille 2	gG/gL aM	500 500	120 120	200 <sub>3</sub> - 250 <sub>3</sub> - 315 <sub>3</sub> - 400 <sub>3</sub> - N 200 <sub>3</sub> - 250 <sub>3</sub> - 315 <sub>3</sub> - 400 <sub>3</sub> - N	u
Taille 3	gG/gL aM	500 500	120 120	500 <sub>3</sub> – 630 <sub>3</sub> – N 500 <sub>3</sub> – 630 <sub>3</sub> – N	и
Taille 4	gG/gL aM	500 500	120 120	630 <sub>3</sub> - 800 <sub>3</sub> - 1 000 <sub>3</sub> - 1 250 <sub>3</sub> - N 630 <sub>3</sub> - 800 <sub>3</sub> - 1 000 <sub>3</sub> - 1 250 <sub>3,5</sub> - N	44

20.4.3 CONDITIONS **D'UTILISATION DES FUSIBLES** 

Sans indices : sans voyant, sans percuteur

: avec voyant - sans percuteur

: avec ou sans voyant -1

sans percuteur : sans voyant - avec ou

sans percuteur

3 : avec voyant - avec percuteur

(4): fusibles à usage domestique

5 : tension 400 V seulement

6 : pouvoir de coupure 500 A

N : cartouche de neutre

F: rapide

Fig 12 - Caractéristiques générales des cartouches fusibles.

#### 20.4.4. CAS DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

La protection d'un moteur contre les surcharges est réalisée par un relais thermique.

La protection de la ligne du moteur et des appareillages contre les courts-circuits se fera par fusibles

Le tableau ci-dessous indique les différents calibres de cartouches aM ou gG à associer au relais thermique en fonction de la puissance du moteur.

Remarques: - Quatre raisons pour choisir une cartouche aM plutôt qu'une cartouche gG:

- taille plus réduite.
- supporte mieux les surcharges répétées.
- coût moindre

PROTECTION DES MOTEURS

(1) 400 V maxi.

- meilleure limitation du courant de court-circuit et de la contrainte thermique
- Cas des moteurs à démarrages fréquents ou à démarrages difficiles :
  - c'est le cas des moteurs absorbant 7 à 8 In, pendant plus de 2 s ou le cas des moteurs absorbant 4 à 5 In, pendant 10 à 20 s.
  - prendre dans ce cas le calibre supérieur à celui indiqué dans le tableau ci-dessous sous réserve que l'association cartouche discontacteur reste compatible.
- Il est conseillé, en cas de fusion d'une seule cartouche aM, de remplacer les trois cartouches (échauffement anormal des fusibles).

			-	Moteu	ır											C	arto	uche	es					
_	0 V t			00 V		-	00 V t		cal	ibres	cal	bres	22 × calib	res	cali	00 bres aM	cali	o bres aM	T. calit	ores	calil	2 ores aM	T. 3 calibres gG aM	T. 4 calibres gG aM
_			0,3			_		1,5			4	2			_	_					-	-		
0,37	0,5	1,8	0,7		2	1,5	2	2,6	6	4	6	4					_							
0,75	1	3,5	1,5	2	3,5	2,2	3	3,8	8	4		4												
1,1	1,5	4,4	2,2	3	5	3,7	5	5,9	12	6		6												
1,8	2,5	7	3	4	6,6	4	5,5	6,5	16	8	16	8	16											
2,2	3	8,7	4	5,5	8,5	5,5	7,5	9	20	10	20	10	20			-								
3	4	11,5	5,5	7,5	11,5	7,5	10	12	25	12	25	12	25		25									
4	5,5	14,3	7,5	10	15,5	11	15	18,4		20(1)	32	20	32	20	32	20								
5,5	7,5	20	11	15	22	15	20	23		25(1)	50	25	50	25	50	25								
7,5	10	27	15	20	30	18,5	25	28,5				32	50	32	50	32								
10	13,5	35	18,5	25	37	25	34	39,4				40	63	40	63	40	63							
11	15	39	22	30	44	30	40	45				50 <sup>(1)</sup>	80	50	80	50	80							
15	20	52	25	34	51	40	54	60					100	63	100	63	100	63						
18,5	25	64	30	40	60	45	60	65					125 <sup>(1)</sup>	80	125	80	125	80	125					
22	30	75	37	50	72	51	70	75						80	125	80	125	80	125					
25	35	85	45	60	85	63	109	89						100	160	100	160	100	160					
30	40	103	55	75	105	80	110	112					12	25 <sup>(1)</sup>		125	200	125	200	125	200			
45	60	147	75	100	138	110	150	156										160	250	160	250			
55	75	182	90	125	170	132	180	187												200	315	200		
75	100	239	110	150	205	160	220	220												250	400	250		
80	160	260	132	180	245	220	300	310														315		
90	125	295	160	218	300																	315		
110	150		200	270	160	250	340	360														400		
132	180	425	250	340	475	335	450	472															500	
160	218	520	315	430	584	450	610	608															630	
220	300	710	400	550	750	500	680	680																800

Fig. 13 - Tableau donnant le calibre et la taille des cartouches en fonction de P moteur

#### Règles à appliquer :

 Côté primaire : il faut installer une protection laissant passer les pointes de courant ; utiliser des cartouches aM.

 Côté secondaire : il faut calculer le courant de court-circuit au point le plus éloigné de la protection, il peut être obtenu par la relation :

$$I_{\text{cc mini}} = \frac{U_{\text{s}}}{\left(\frac{U_{\text{S}}^2}{P} \frac{U_{\text{cc}}}{100}\right) + \frac{2\rho I}{S}}$$

20.4.5. CAS DES TRANSFOR-MATEURS

Us: tension secondaire du transformateur en V

P: puissance de transformateur en VA

Ucc: tension du court-circuit du transformateur en %

l en m; S en m<sup>2</sup>;  $\rho$  en  $\Omega$  m (1,8 · 10<sup>-8</sup> pour le cuivre).

Choisir le calibre pour le courant  $l_{cc}$  calculé précédemment en utilisant la relation :

Fusible gG = 
$$I_{\rm n} \le \frac{I_{\rm CC}}{4}$$

 $l_{\rm n}$ : calibre de la cartouche **gG**. Pour plus de détails sur la protection des transformateurs § 17.6.

**Exemple**: Protection du câble au secondaire d'un transformateur type TMO 630 VA, 230/24 V. Câble 2 × 1,5 mm² cuivre. Solution : Le § 17.7.4 donne  $U_{cc}$  = 4,4 %. Primaire : aM 4A (10,3 × 38) Secondaire : gG 25 A (14 × 51) maximum.

La relation ci-dessus donne :

$$I_{\text{cc mini}} = \frac{24}{\left(\frac{24^2}{630} \times \frac{4,4}{100}\right) + \left(\frac{2 \times 1,8 \times 10^{-8} \times 20}{1.5 \times 10^{-8}}\right)} = 46 \text{ A} \quad I_{\text{n}} \le \frac{46}{4} = 11,5 \text{ A}$$

Le secondaire comportera un fusible gG 10 A.

- Calibre In du fusible :

Longueur: 20 m.

Le calibre du fusible est déterminé à partir du courant à transporter par le câble.

- Courant In maximum:

Le courant  $I_b$  est le courant d'emploi maximal pour lequel le câble doit être protégé. C'est le courant admissible par le câble en régime permanent défini dans les tableaux *Fig. 5 et 6 § 6.1.6.* Ce courant s'obtient en divisant l'intensité de fusion du fusible par 1,45.

Le tableau § 20.4.2. (question 4) indique l'intensité de fusion If suivant le calibre du fusible.

In	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63
4	4,2	8,4	11,4	15,2	19	21	25	35	43,8	51,2	64	80	101
4 1,45	2,9	5,8	7,9	10,5	13	14,5	19,3	24	30,2	35,3	44	55	70
/ <sub>n</sub>	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	
4	128	160	200	256	320	400	504	640	800	1 008	1 280	1 600	
4	88	110	138	176	220	276	348	411	552	695	883	1 103	
1,45	00	110	130	.,,	220	270	540	711	332	333	303	1 103	

20.4.6. CAS DES LIGNES

Fig. 14 - Tableau donnant la valeur de l<sub>b</sub> suivant le calibre du fusible.

In : calibre de la cartouche fusible.

It : courant conventionnel de fusion de la cartouche fusible

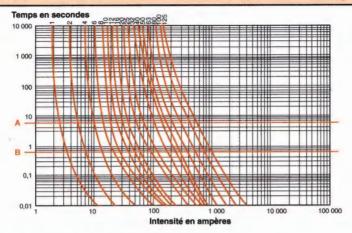
 $l_{\rm e}$ :  $\frac{k}{1.45}$  courant admissible par le câble en régime permanent.

#### Application:

Protection d'un câble tripolaire U 1 000 R 2 V par une cartouche fusible **gG 200 A**. Le tableau (*Fig. 14*) donne  $I_{tA}$  = 320 A et  $I_{b}$  = 220 A.

Le câble supportant cette intensité  $l_{\rm b}$  en régime permanent doit posséder une section de 70 mm² pour ses conducteurs (âmes en cuivre Fig. 5 et 6 § 6.1.6.).

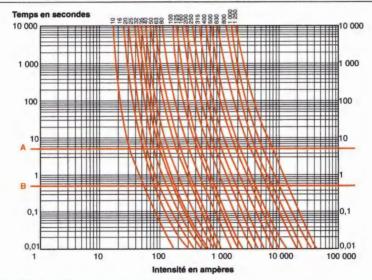
### 20.4.7. COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES gG



#### Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cantauahaa								Ca	libres	(A)							
Cartouches	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
8,5 × 31,5	0,40	0,60	0,70	1	1,2	1,20	1,20	1,90									
10 × 38	0,27	0,50	0,90	1,05	1,30	1,35	1,45	1,80	2,10	2,90							
14 × 51		0,80	0,90	1,40		2		2,60	3,10	3,50	3,50	3,70	4,60				
22 × 58			1,50	1,60		1,90		3	2,90	3,90	3,60	3,90	5,30	6,30	8	8	11

Fig. 15 - Cartouches cylindriques types gG (pouvoir de coupure : 100 kA)



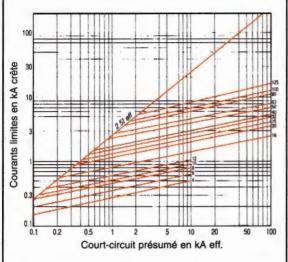
Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cartavakaa									Ca	libres	(A)								
Cartouches	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
Taille 00	2,1	3	3	3,3	4,5	6	7	7,5	13	15									
Taille 0 à 4				4,2	5,5	6,5	8,5	9,5	12	15	19	23	24	33	36	45	51	77	80

Fig. 16 - Cartouches à couteaux type gG (pouvoir de coupure : 100 kA).

- A = temps maxi pour la protection contre les courts-circuits pour m = 1 (5 s)
- B = temps maxi pour la protection contre les contacts indirects pour m = 1 (0,5 s) (chapitre 6)
- m = Section du conducteur de phase
  Section du conducteur de protection

### COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES gG



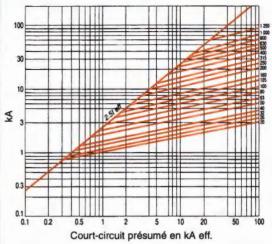
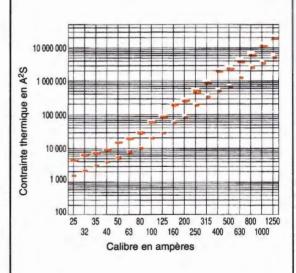


Fig. 17 – Courbes de limitation des fusibles du type gG (cartouches cylindriques) cos  $\varphi = 0,1$  (facteur de puissance au moment du court-circuit)

Fig. 18 – Courbes de limitation des fusibles du type gG (cartouches à couteaux).  $\cos \varphi = 0.1$  (facteur de puissance au moment du court-circuit).



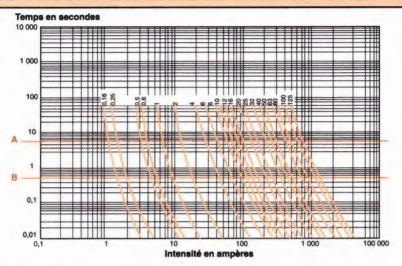
contrainte thermique totale maximale pour le courant critique
 contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

contrainte thermique totale maximale pour le courant critique
 contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

Fig. 19 Contraintes thermiques maximales sous 500 V cos  $\phi_{cc} = 0,1$  (sauf calibre 125 A sous 400 V) (cartouches cylindriques type gG).

Fig. 20 – Contraintes thermiques maximales sous 500 V cos  $\varphi_{cc}$  = 0,1 (cartouches à couteaux type gG)

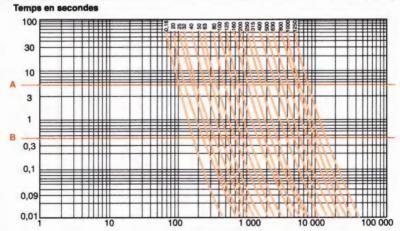
#### 20.4.8. COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES aM



#### Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Ondonahaa										Calibi	es (A	)								
Cartouches	0,25	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	45	50	63	80	100	125
8,5 × 31,5				0,08	0,14	0,25	0,30	0,35												
10 × 38	0,02	0,04	0,08	0,12	0,17	0,30	0,35	0,40	0,45	0,70	1,00	1,20								
14 × 51			0,12	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50	0,65	0,90	1,00	1,20	1,55	2,10	2,15	2,55				
22 × 58										0,90	1,10	1,35	1,90			3,00	4,10	5,20	6,50	9,42

Fig. 21 - Cartouches cylindriques type aM (pouvoir de coupure : 100 kA)



#### Intensité en ampères

#### Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cantauchee									Calib	res (A	)			Calibres (A)													
Cartouches	25,3	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250									
Taille 00	1,3	1,8	2,5	3	3,6	5,2	6	7																			
Taille 0 à 4					3,9	5,5	6,5	8,5	11,5	13,5	17	24	28	34	41	49	70	75									

Fig. 22 - Cartouches à couteaux type aM (pouvoir de coupure : 100 kA)

- A = temps maxi pour la protection contre les courts-circuits pour m = 1 (5 s)
- B = temps maxi pour la protection contre les contacts indirects pour m = 1 (0,5 s) (chapitre 6)

Section du conducteur de phase

Section du conducteur de protection

#### **COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES aM**

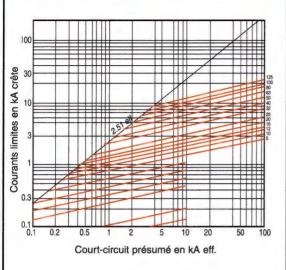


Fig. 23 – Courbes de limitation –  $\cos \varphi_{\rm cc}$  = 0,1. (Cartouches cylindriques type aM.)

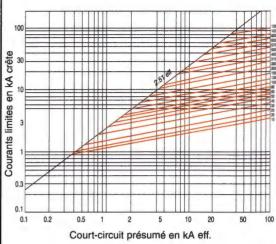
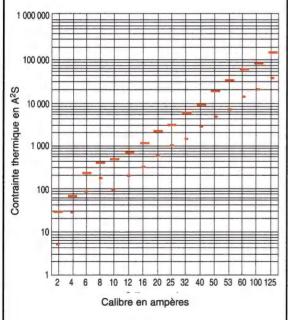
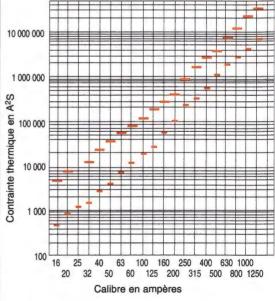


Fig. 24 – Courbes de limitation –  $\cos \varphi_{\rm cc}$  = 0,1. (Cartouches à couteaux type aM.)



contrainte thermique totale maximale pour le courant critique
 contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

Fig. 25 – Contraintes thermiques maximales sous 500 V cos  $\varphi_{\rm cc}=0,1$  (sauf calibre 125 A sous 400 V) ( $\varphi_{\rm cc}$  – déphasage entre courant et tension au moment du courtcircuit) (Cartouches cylindriques type aM.)



contrainte thermique totale maximale pour le courant critique
 contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

Fig 26. – Contraintes thermlques maximales sous 500 V  $\cos \phi_{cc} = 0,1$  (Cartouches à couteaux type aM.)

20.5.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Établir ou interrompre le courant dans un récepteur

Contacteur tripolaire + 1 « O » + « F »

#### ALTITUDE ET TEMPÉRATURE

Lorsque l'altitude et la température ambiante ne répondent pas aux conditions d'environnement (§ 20.1.5.), il faut procéder aux déclassements suivants :

- pour l'altitude : 1 % par 100 m au dessus de 3 000 m
- pour la température :

T : température ambiante à l'extérieur du coffret	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
t : température ambiante autour de l'appareil	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
k <sub>t</sub> : coefficient de déclassement	0 %	15 %	20 %	25 %

#### TENSION NOMINALE D'EMPLOI U<sub>e</sub>

Tension qui, combinée avec le courant d'emploi, détermine l'emploi du contacteur et à laquelle se rapportent le pouvoir de coupure et de fermeture, le type de service et la catégorie d'emploi. ( $U_{\rm e}$  en volts entre phases).

#### COURANT NOMINAL D'EMPLOI /e

Il est défini pour une tension nominale d'emploi, une catégorie d'emploi et pour des conditions d'environnement données. ( $I_{\rm e}$  en A).

#### FACTEUR DE MARCHE m

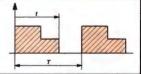
**DURÉE DE VIE** 

ÉLECTRIQUE

C'est le rapport entre la durée du passage du courant (t) et la durée d'un cycle de manœuvre (T).



en %



20.5.2.
CRITÈRES À
PRENDRE EN
COMPTE POUR
CHOISIR UN
CONTACTEUR

C'est le nombre moyen de cycles de manœuvres en charge que les pôles principaux peuvent effectuer sans remplacement.

Nombre de manœuvres	Heures de fonctionnement	Millions de manœuvres Nombre d'années									
par heure	par jour	1	2	3	4	5	10				
30	8	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,6				
	16	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	1,2				
	24	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,8				
150	8	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	3,0				
	16	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	6,0				
	24	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	9,0				
600	8	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	12,0				
	16	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	24,0				
	24	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	36,0				

Fig. 27 - Tableau de détermination de sa durée de vie électrique.

#### Exemple:

Une machine fonctionne 5 ans à raison de 8 h/jour avec une cadence de 600 manceuvres/h. Il en résulte une durée de vie des contacts de 6 millions de manceuvres. (Établie sur la base de 21 jours de travail par mois ou 250 jours par an).

#### POUVOIR DE COUPURE (PdC)

Valeur efficace du courant que le contacteur doit couper sous une tension donnée. Plus cette tension est faible plus le pouvoir de coupure est grand.

#### COURANT NOMINAL THERMIQUE In

Courant que peut supporter un contacteur en position de fermeture pendant un temps infini. Ce courant s'appelle également courant permanent maximal (à température ambiante 

40 °C)

#### COURANT TEMPORAIRE ADMISSIBLE

Courant que peut supporter un contacteur en position fermée pendant un temps court consécutif à un temps de repos (Tableau de choix des contacteurs § 20.5.3.). Ce courant est supérieur au courant nominal thermique  $(I_{th})$ .

			de la nature du récepteur et des c res et les ouvertures du circuit éle	
		En courant alte		
		TYPES	DÉFINITION	EXEMPLES D'UTILISATION
		CATÉGORIE AC1	Elles s'appliquent à tous les récepteu dont le facteur de puissance est au moins égal à 0,95 ( $\cos \varphi \ge 0,95$ )	
		CATÉGORIE AC2	Elle concerne les applications avec freinage à contre-courant et march par « à coups » avec les moteurs à bagues. À la fermeture le courant pe atteindre 7 In. À l'ouverture il peut couper cette même intensité.	e - Pompes (DR), - Bandes transporteuses (DR)
	CATÉGORIES D'EMPLOI EN COURANT ALTERNATIF	CATÉGORIE AC4	Elle concerne les applications aver freinage à contre-courant et march par « à coups » avec des moteurs cage. À la fermeture le courant pe atteindre 7 l <sub>n</sub> . À l'ouverture il pe couper cette même intensité.	ne – Métallurgie, à – Imprimerie, ut – Levage,
	(NFC 63-650)	CATÉGORIE AC3	Elle concerne les moteurs à cage, coupure du courant se faisa moteur lancé. À la fermeture le co rant établi est de 5 à 7 $I_n$ moteur. À coupure, le courant est voisin de $I_n$	nt lants, - Malaxeurs, mélangeurs - Vannes, ventilateurs,
		Cas particuliers	Color appropriate to the color	
CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE POUR		ÉLIMINATION DES RÉSISTANCES ROTORIQUES	Le contacteur établit 1,5 à 2,5 lorsque la tension $U_{\rm r}$ a pratiqueme disparu.	
CHOISIR UN CONTACTEUR		COUPLAGE DE CONDEN- SATEURS	Le contacteur tient compte de la c culation des courants harmonique en plus du courant l <sub>n</sub> .	
			(Protection calibrée pour 1,3 à 1,4 l <sub>n</sub> )	
		ALIMENTATION DE TRANSFOR- MATEURS	Le contacteur doit établir 20 à 30 (Transformateur mis sous tension vide)	
		En courant conti	nu :	
		CATÉGORIE DC1	$ \frac{U \text{ coupée}}{U_{\text{c}} = U_{\text{e}}}  \frac{I \text{ coupée}}{I_{\text{c}} = I_{\text{e}}}  \frac{P \text{ coup}}{P_{\text{c}} = U_{\text{e}}} $ $U_{\text{e}} = \text{ tension d'emploi} $	
			/e = courant d'emploi	
		CATÉGORIE DC2	$U_{\rm c} = 0.1 \ U_{\rm e}  I_{\rm c} = I_{\rm e}  P_{\rm c} = 0.1 \ U_{\rm e}$ $L/R \le 15 \ {\rm ms}$	Moteur à excitation dérivation coupure du moteur lancé
	CATÉGORIES D'EMPLOI EN COURANT	CATÉGORIE DC3	$U_{c} = U_{e}$ $I_{c} = 2.5 I_{e}$ $P_{c} = 2.5 U_{e}$ $L/R \le 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation dérivation. Marche « à coups », inversion de marche.
700	CONTINU	CATÉGORIE DC4	$U_{c} = 0.3 \ U_{e}  I_{c} = I_{e}  P_{c} = 0.3 \ U_{e}$ $L/R \le 15 \ \text{ms}$	Moteur à excitation série cou- pure du moteur lancé.
		CATÉGORIE DC5	$U_{c} = U_{e}$ $I_{c} = 2.5 I_{e}$ $P_{c} = 2.5 U_{e}$ $L/R \le 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation série.  Marche « à coups », inversion du sens de marche.
		Cas particuliers :		
		COUPURE EN COURS DE FREINAGE	$U_{\rm c} = 1.5 \ U_{\rm e}$ $I_{\rm c} = 1.5 \ I_{\rm e}$ $P_{\rm c} = 2.25 \ U_{\rm c}$	Tous moteurs avec coupure en cours de freinage à contrecourant.

	Étoile			$l_{\Theta} = l_{\rm f}$	$U_{\Theta} = 2 U_{r}$
CORRECTION	Triangle			$l_{\rm e}=l_{\rm r}/1,4$	$U_{\rm e} = \sqrt{3} \ U_{\rm r}$
DU COURANT D'EMPLOI SUIVANT LE COUPLAGE DES PÔLES DU CONTACTEUR	En V	-	-	l <sub>e</sub> = l <sub>r</sub>	$U_{\rm e} = \sqrt{3} U_{\rm r}$
EN COURANT ALTERNATIF	En W	1	5	$l_{\rm e}=l_{\rm r}/1,6$	$U_{\rm e} = \sqrt{3} \ U_{\rm r}$
	U <sub>e</sub> = tension 2 pôles en p 3 pôles en p	n d'emploi parallèle m parallèle, n parallèle, n	nultiplier par 2,25 nultiplier par 2,80	I <sub>r</sub> = courant rotorique U <sub>r</sub> = tension rotorique t maximum supporté po	e nominale our un pôle par 1,6
CORRECTION SUIVANT LE COUPLAGE DES PÔLES DU CONTACTEUR EN COURANT	Pôles en pa		La durée de vie pour une puis nombre de pôle teur (Fig 37). La durée de vie p pliée par le nomb du coefficient 0,7 traversant chaqu	lonnée our le contac- e multi- affecté	
CONTINU	Pôles en	série	La puissance con de pôles en série P coupée totale	upée sera d'autant plus	pôle multipliée par
CORRECTION DU NOMBRE DE PÔLES SUIVANT L/R				(mais inférieure à 30 m ns par $15/\tau$ ( $\tau = L/R$ )	ns), il faut corriger le
	Tensior fonctionn		alimentée. Elle dépend : - de la sécurité : - de la longueur Généralement, la	aquelle la bobine du désirée (contacts directes câbles (chute de te la bobine peut fonctionne rise entre 0,85 <i>U</i> <sub>n</sub> et 1,1	ets) ension en ligne) er dans une fourchette
CIRCUIT DE COMMANDE	Temps fonctionn		fermeture). À te	et donné par le constr enir compte dans le c entre contacteurs ass	cas de la recherche
	Contac auxiliai (§ 20.17	ires	établie à cos σ cos φ = 0,4)  - Catégorie d'er inductive telle - Pouvoir de cou	O, F, OF, FO	puissance coupée à t continu (sur charge imant) al thermique : mêmes

RÉFÉRENCES			LC1- K06	LC1- K09	LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
CARACTÉRISTIQUES DU CIRC	CUIT DE PUISSA	NCE												
Traitement de protection			« TH »											
Température	pour stockage	°C	- 60 à + 80	0										
de l'air sec	pour fonctionnement	°C	-5 à +55	(de 0,8 à 1,1	U <sub>c</sub> )									
ambiant	admissible	°C	- 40 à + 70	), pour foncti	onnement à	U <sub>c</sub>								
Altitude maximale d'utilisation		m	3 000 sans	déclasseme	ent									
Inclinaison maximale	sans déclassement		± 30° occa	sionnels, par	rapport au p	olan vertical r	normal de m	ontage						
Nombre de pôles			3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3 ou 4	3
	en AC-3 (θ ≤ 55 °C)	A	6	9	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
d'emploi	en AC-1 (θ ≤ 40 °C)	A	20	20	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Tension assignée d'emploi jusqu'à		٧	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
Limites de fréquence	du courant d'emploi	Hz	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400
Courant thermique assigné	h <sub>th</sub> (θ ≤ 40 °C)	A	20	20	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Pouvoir assigné de fermeture	/ efficace	A	_	_	250	250	300	450	550	800	900	1 000	1 100	1 200
Pouvoir assigné de coupure														
/ efficace Série IEC 158 1	220-380-415-440 V	A	-	_	250	250	300	450	550	800	900	1 000	1 100	1 100
Selle IEC 136 I	500 V	A	-	-	175	175	250	400	450	800	900	1 000	1 100	1 100
	600-690 V	A	-	-	85	85	120	180	180	400	500	630	640	640
Courant temporaire	pendant 1 s	A	90	90	210	210	240	380	430	720	810	900	990	990
admissible	pendant 5 s	A	_	-	130	130	185	290	340	420	520	660	800	800
Si le courant était au préalable nul depuis	pendant 10 s	A	-	-	105	105	145	240	260	320	400	520	640	640
15 min.	pendant 30 s	A		_	76	76	105	155	175	215	275	340	420	420
	pendant 1 mn	A	-	-	61	61	84	120	138	165	208	260	320	320
- December 1	pendant 3 mn	A	-	-	44	44	58	80	92	110	145	175	210	210
avec θ ≤ 40 °C	pendant 10 mn	A	-	_	30	30	40	50	60	72	84	110	135	135
Protection par fusibles contre les courts-circuits	( <i>U</i> ≤ 440 V)													
- Circuit moteur (aM)		A	-	12	12	16	20	40	40	40	63	80	80	100
<ul> <li>Avec relais thermique (gG)</li> </ul>		A	-	20	20	25	32	63	80	100	100	100	125	160
- Sans moteur		A	-	25	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Impédance moyenne par pôle, à l <sub>th</sub> et 50 Hz		mΩ	_	-	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1	0,8	0,8
Puissance dissipée par pôle	AC-1	w	_	-	1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	9,6	6,4	12,5	12,5
pour courants d'emploi ci-dessus	AC-3	W	-	-	0,20	0,36	0,8	1,25	2	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2

Tension assignée de commande U <sub>c</sub>		40.4				10 3 600					10 à 600		
(50 ou 80 Hz)	V	128	690	-		12 à 690					12 à 690		
Limites de la tension (≤ 55 °C)													
Bobines 50 ou 60 Hz de fonctionnemen			1,15 U <sub>c</sub>			0,8 à 1,1 <i>U</i> <sub>c</sub>					0,85 à 1,1 <i>U</i>	•	
de retombée			0,6 U <sub>c</sub>			0,3 à 0,6 <i>U</i> <sub>c</sub>					0,3 à 0,6 U <sub>c</sub>		
Bobines 50/60 Hz de fonctionnemen		0,85 à 1,1	U <sub>c</sub> à 60 Hz		0,85	à 1,1 U <sub>c</sub> à 6	0 Hz			0,85	à 1,1 U <sub>c</sub> à 6	0 Hz	
Consommation moyenne à 20 °C sous U <sub>c</sub>													
Courant Appel bobines 50/60 Hz	VA	30	30	60	60	60	90	90	200	200	200	200	200
alternatif cos φ		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
50 Hz Maintien bobines 50/60 Hz	VA	4,5	4,5	7	7	7	7,5	7,5	20	20	20	20	20
$\cos \varphi$		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Dissipation thermique en 50 Hz	w	1,3	1,3	2 à 3	2 à 3	2 à 3	2,5 à 3,5	2,5 à 3,5	6 à 10	6 à 10	6 à 10	6 à 10	6 à 10
Temps fermeture « F »	ms	12 à 22	12 à 22	12 à 22	12 à 22	12 à 22	15 à 24	15 à 24	20 à 26	20 à 26	20 à 26	25 à 35	25 à 35
de fonctionnement ouverture « F »	ms	4 à 12	4 à 12	4 à 12	4 à 12	4 à 12	5 à 19	5 à 19	8 à 12	8 à 12	8 à 12	6 à 20	6 à 20
	d'ouvertur	de fonctionne e « O » depu	is l'instant où	le circuit de	la bobine es	t coupé jusq	u'à la sépara	tion des con	tacts principa	aux.			
Durée de vie mécanique Bobines 50 ou 60 H		20	20	20	20	20	16	16	16	16	16	10	10
(à $U_c$ ) en millions de Bobines 50/60 Hz et cycles de manœuvre 50 Hz		-	-	15	15	15	12	12	6	6	6	4	4
Cadence maximale de cycles de manœuvres mécaniques (température ambiante ≤ 55 °C)	cycles man./h	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600
CARACTÉRISTIQUES DES CONTACTS AUXIL	IAIRES												100
Courant thermique assigné (θ ≤ 50 °C)	A	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tension assignée d'emploi	V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
Protection contre les courts-circuits	A	Par cartou	ches-fusibles	type gG cal	ibre 10 A						1		
CARACTÉRISTIQUES DES BLOCS D'ACCRO	CHAGE M	ÉCANIQU	E	10.11				al nat	4-1				
Montage sur		_	-	LC1-D09 à	D32		LC1-D09 à	D65		LC1-D80 e	et D95		
Tension assignée d'isolement	٧	-	-	690			690			690			
Tension assignée du circuit de commande													
50-60 H	V	-	-	12 à 690			12 à 690			12 à 690			
Puissance nécessaire au décrochage	VA	-	-	25		1	25			25			
Cadence maximale	cycles man./	h -	-	1 200			1200			1200			
<b>Durée de vie mécanique</b> (à <i>U</i> <sub>c</sub> ) : 1 million de cycles de manœuvres			-	La mise so Autocoupu Les blocs	ous tension s re électrique	imultanée et de la bobine possèdent	maintenue de après 15 m en outre 1 co	trique (par in lu bloc à acc s. Durée d'in ontact « O »	rochage et d pulsion de d	u LC1-D est commande >		teur d'impuls	ion : temp

D09	D12	D18	D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
4	4	6	10	10	16	25	25	50	50
25	25	32	40	60	60	80	80	125	125
20	20	26	32	44	55	70	70	100	100
17	17	22	28	35	42	56	56	80	80
1	25 A 20 A 17	25 25 20 20 17 17	25 25 32 A 20 20 26 A 17 17 22	A     25     25     32     40       A     20     20     26     32       A     17     17     22     28	25 25 32 40 60 20 20 26 32 44	A     25     25     32     40     60     60       A     20     20     26     32     44     55       A     17     17     22     28     35     42	A     25     25     32     40     60     60     80       A     20     20     26     32     44     55     70       A     17     17     22     28     35     42     56	A     25     25     32     40     60     60     80     80       A     20     20     26     32     44     55     70     70       A     17     17     22     28     35     42     56     56	A     25     25     32     40     60     60     80     80     125       A     20     20     26     32     44     55     70     70     100       A     17     17     22     28     35     42     56     56     80

Puissance	220/230	V kW	9	9	11	12	18	21	29	29	45	45
nominale	240 V	kW	9	9	12	15	19	23	31	31	49	49
d'emploi	380/400	V kW	15	15	20	25	31	37	50	50	78	78
(en triphasé	415 V	kW	17	17	21	27	34	41	54	54	85	85
pour température	440 V	kW	18	18	23	29	35	43	58	58	90	90
ambiante	500 V	kW	20	20	23	33	41	49	65	65	102	102
θ ≤ 40 °C)	660/690	V kW	27	27	34	43	54	65	86	86	135	135

Fig. 29 - Courant d'emploi maximal et puissance nominale d'emploi en catégorie AC1.

Taille des contacteurs			LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
Courant d'emploi AC3 maximal	≤ 440 V	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
Puissance	220/230 V	kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
nominale	240 V	kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
d'emploi	380/400 V	kW	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	415 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	25	37	45	45
(Puissances	440 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	36	37	45	45
normalisées des moteurs)	500 V	kW	5,5	7,5	10	15	18,5	22	30	37	55	66
222	580/690 V	kW	5,6	7,6	10	15	18,5	30	33	37	45	45

20.5.4. CHOIX DES CONTACTEURS SUIVANT LA CATÉGORIE D'EMPLOI

Fréquences	maximales de m	nanœuvres	(cycles	de manœ	uvres/he	ure)					
Facteur de marche	Puissance d'emploi	LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D46	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
≤ 85 %	Р	1 200	1 200	1 200	1 200	1 000	1 000	1 000	1 000	750	750
≤ 35 %	0,5 P	3 000	3 000	2 600	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 000	2 000
≤ 25 %	Р	1 800	1 800	1 800	1 800	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200

Fig 30 - Courant d'emploi maximal et puissance nominale d'emploi en catégorie AC2.

Courant coupé maximal (A)										
Taille des contacteurs	LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
	A	A	A	Α	A	A	A	A	A	A
En catégorie AC4 (le max.)										
U <sub>e</sub> ≤ 440 V										
$I_e$ max = 6 / en AC3	54	72	108	150	192	240	300	390	480	570
440 V ≤ U <sub>e</sub> ≤ 690 V										
I <sub>e</sub> max	40	50	70	90	160	160	170	210	250	250
En fonction de la fréquence maxim de cycles de manœuvres et du facteur de marche. $\theta \le 55$ °C	ale									
de 150 et 15 % à 300 et 10 %	30	40	45	75	80	110	140	150	200	200
de 150 et 20 % à 600 et 10 %	27	36	40	67	70	96	120	148	170	170

Fig. 31 - Courant coupé maximal en fonction du service en catégorie AC2 et AC4

de 150 et 30 % à 1200 et 10 %

de 150 et 55 % à 2400 et 10 %

de 150 et 85 % à 3800 et 10 %

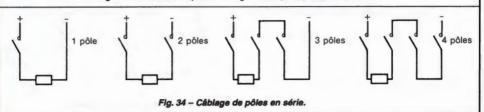
CHARGES	Tension	Nombre de				C	alibre di	u contac	cteur			
RÉSISTIVES	assignée d'emploi U <sub>e</sub>	pôles à mettre en série	LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
Constante de temps		1	15	15	15	30	30	40	50	50	70	70
L/R ≤ 1 ms	24 V	2	18	18	18	32	32	55	70	70	100	100
	24 4	3	20	20	20	32	32	55	70	70	100	100
		4 (1)	-	20	-	32	-	55	-	70	100	-
		1	12	12	12	25	25	25	25	25	25	25
	48/75 V	2	17	17	17	30	30	55	70	70	100	100
	40//5 V	3	20	20	20	32	32	55	70	70	100	100
		4 (1)	-	20	-	32	-	55	-	70	100	-
	125 V	1	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
		2	12	12	12	25	25	40	50	60	80	80
	123 4	3	15	15	15	27	27	45	60	65	85	85
		4 (1)	-	17	-	30	-	55	-	70	100	-
		1	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
	225 V	2	8	8	8	15	15	35	40	40	45	45
	220 1	3	10	10	10	22	22	40	50	50	55	55
		4 (1)	-	12	-	25	-	50	-	60	70	-
	300 V	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	000 1	4 (1)	12	12	-	25	-	40	-	60	70	-
	460 V	4 (1)	-	-	-	_	_	-	-	-	-	-

Fig. 32 - Courant d'emploi en catégorie DC1.

Courant	assign	é d'emplo	I le en am	pères
---------	--------	-----------	------------	-------

CHARGES	Tension	Nombre de				Ca	alibre du	contact	eur			
INDUCTIVES	assignée d'emploi U <sub>e</sub>	pôles à mettre en série	LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
Constante de temps		1	12	12	12	20	20	25	35	35	40	40
<i>L/R</i> ≤ 15 ms	24 V	2	15	15	25	25	25	30	45	45	60	60
		3	18	18	18	30	30	45	55	55	80	80
		4 (1)	-	18	-	30	-	50	-	60	90	-
		1	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15
	40751	2	12	12	12	20	20	25	40	40	50	50
	48/75 V	3	15	15	15	30	30	40	50	50	70	70
		4 (1)	-	15	-	30	-	50	-	60	90	-
	125 V	1	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,
		2	8	8	8	15	15	20	25	25	40	40
		3	12	12	12	20	20	30	35	35	60	60
		4 (1)	-	15	-	25	-	40	-	50	72	-
		1	0,75	0,75	0,75	1	1	_1	1	1	1	1
	225 V	2	1,5	1,5	1,5	3	3	4	5	5	7	7
		3	6	6	6	10	10	20	25	25	35	35
		4 (1)	-	8	-	15	-	25	-	30	40	-
	300 V	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4 (1)	-	6	-	10	-	20	-	25	35	-
	460 V	4 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig. 33 - Courant d'empioi en catégorie DC2, DC3, DC4 et DC5.



 $U_{\rm c} \le 440 \, \rm V$  $\cos \varphi \ge 0.95$ 

- Le courant coupé Ic est égal au courant le normalement absorbé par la charge.

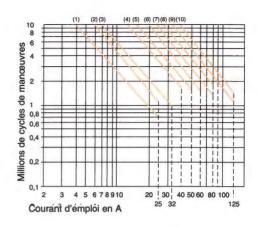
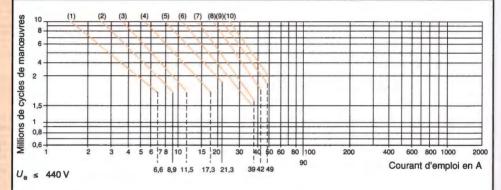


Fig. 35 - Durée de vie électrique en catégorie AC1.



20.5.5. **CHOIX DES** CONTACTEURS SUIVANT LA **DURÉE DE VIE** ÉLECTRIQUE

- Commande de moteurs triphasés asynchrones à cage (AC-4) ou à bagues (AC-2) une coupure à « moteur calé ».
- Le courant Ic en AC4 est égal à 6 Ie.

Flg. 36 - Durée de vie électrique en catégorie AC2-AC4.

(1) (2) (3) (4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)

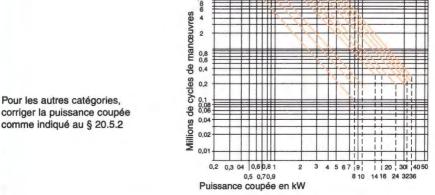
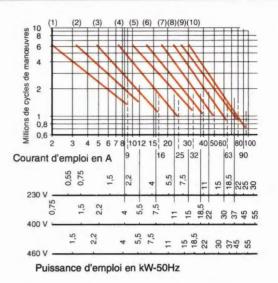


Fig. 37 - Durée de vie électrique en catégorie DC1.



U<sub>e</sub> ≤ 440 V

 Commande de moteurs triphasés asynchrones à cage avec coupure « moteur lancé »

coupure « moteur lance » Le courant  $l_c$  coupé en AC-3 est égal au courant nominal  $l_c$ absorbé par le moteur.

- (1) Contacteur LC1, LP1-D09
- (2) Contacteur LC1, LP1-D12
- (3) Contacteur LC1, LP1-D18
- (4) Contacteur LC1, LP1-D25
- (5) Contacteur LC1, LP1-D32
- (6) Contacteur LC1, LP1-D40
- (7) Contacteur LC1, LP1-D50
- (8) Contacteur LC1, LP1-D65
- (9) Contacteur LC1, LP1-D80
- (10) Contacteur LC1, LP1-D95

Flg. 38 - Durée de vie électrique en catégorie AC3.

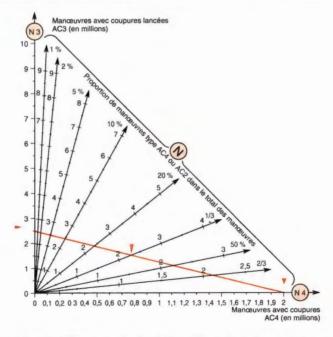


Fig. 39 - Service mixte avec coupure pendant le démarrage ou le frelnage ou après le démarrage.

- L'abaque permet le choix ou la définition de la durée de vie électrique d'un contacteur en service mixte.
- Méthode de résolution :
  - porter en N3 le nombre de manœuvres (en AC3) si elles étaient toutes effectuées en AC3;
  - porter en N4 le nombre de manœuvres (en AC4) si elles étaient toutes effectuées en AC4 ;
  - tracer la droite liant ces deux points et lire l'endurance électrique N résultante à l'intersection de cette droite et de l'axe oblique donnant le pourcentage de manœuvres AC4.

	EXEMPLE 1 (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 15 kW sous 400 V 50 Hz. Télécommande en alternatif ( $t_a$ = 40 °C) (Moteur à cage, coupure moteur lancé)	l <sub>e</sub> = 30 A en AC3 (Fig. 13) La Fig. 30 indique un contacteur : LC1-D32.
	EXEMPLE 2 (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 22 kW sous 230 V 50 Hz. Télécommande en alternatif ( $\ell_a$ = 40 °C) (Moteur à bagues, coupure moteur lancé)	$l_{\rm e} = 75~{\rm A}$ en AC2 (Fig. 13) $l_{\rm c} = 6~l_{\rm e}$ en AC3 $l_{\rm c} = 6 \times 75 = 450~{\rm A}$ Le tableau (Fig. 31) indique un contacteur LC1-D80.
	EXEMPLE 3 (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un réseau 230/400 V 50 Hz 75 kVA Température ambiante : 40 °C Télécommande en alternatif.	$I_{\rm B} = 75~000/(400 \times \sqrt{3}~) = 108~{\rm A}$ $I_{\rm B} = 108~{\rm A}~{\rm en}~{\rm AC1}$ La Fig. 29 indique un contacteur : LC1-D80.
	EXEMPLE 4 (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un réseau monophasé 230 V 50 Hz 50 kVA. Température ambiante : 40 °C	I <sub>e</sub> = 50 000/230 = 218 A en AC1 La Fig. 29 indique soit un contacteur - LC1-D80 pour 3 pôles en parallèle - LC1-D65 pour 4 pôles en parallèle (k = 2,25 I <sub>e</sub> = 218/2,25 = 97 A) (k = 2,8 I <sub>e</sub> = 218/2,8 = 78 A)
10 (10) 10 (1) 10 (1)	EXEMPLE 5 (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur à cage 10 kW 1 500 min <sup>-1</sup> sous 400 V 50 Hz. 200 manœuvres/h; facteur de marche 25 % Température ambiante : 45 °C Choix en AC3 puis en AC4	En AC3 la <i>Fig. 30</i> indique un contacteur <b>LC1-D25</b> .  — Moteur 10 kW $I_0/I_0 = 6,8$ (§ 11.1.5.3.) $I_d = 20 \times 6,8 = 136$ A coupés en AC4 La <i>Fig. 31</i> indique :  150 man/h $\rightarrow$ m = 30 % } 200 man/h 1 200 man/h $\rightarrow$ m = 10 % } 28,6 % Ce service donne un contacteur <b>LC1-D80</b>
20.5.6. EXEMPLES DE CHOIX DE CONTACTEURS	EXEMPLE 6 (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur à excitation série 3 kW 220 V. Température ambiante 40 °C Télécommande en alternatif.	l <sub>e</sub> = 15 A en DC4 (§ 20.5.2.) (coupure moteur lancé) <i>Fig. 33</i> − télécommande en ~ : contacteur <b>LC1-D25</b> (4 pôles) ou contacteur <b>LC1-D40</b> (3 pôles)
	EXEMPLE 7 (à partir de la durée de vie)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 15 kW sous 400 V 50 Hz Cadence 250 manœuvres/h 7 h/jour - durée de vie souhaitée : 5 ans moteur à cage 20 % des manœuvres coupent 3,3 /n	$l_{\rm e}=30$ A en AC3 (§ 11.1.5.3.) Le contacteur doit assurer : $250\times7\times250\times5=2$ ,2 millions de manœuvres en service mixte. Choix : contacteur <b>LC1-D40</b> La <i>Fig. 38</i> indique : $30$ A en AC3 $\rightarrow$ 2,8 millions de manœuvres La <i>Fig. 36</i> indique : $30$ A en AC4 $\rightarrow$ 2 millions de manœuvres La <i>Fig. 39</i> indique : $2$ ,5 millions de manœuvres (ce contacteur convient)
	EXEMPLE 8 (à partir de la durée de vie)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur série (marche par « à coups ») 3 kW 200 V (3 kW absorbés) On désire 2 millions de manœuvres	$l_{\rm e}=15~{\rm A~en~DC5}$ $P_{\rm c}=U_{\rm e}\times l_{\rm e}\times 2,5=7,5~{\rm kW~(\S~20.5.2.)}$ La $Fig.~33$ indique un contacteur LC1-D40 (3 pôles) La $Fig.~37$ indique un contacteur LC1-D50 (3 pôles) Le contacteur LC1-D40 n'assure que 1,8 millions de manœuvres
	EXEMPLE 9	Choix d'un contacteur pour couplage de condensateurs triphasés 45 kVAR 400 V 50 Hz ( $t_a$ = 55 °C)	$l_{\rm c} = 45~000/400.\sqrt{3} = 65~{\rm A}$ $l_{\rm e} = 65~{\rm x}~1,4~(\S~20.5.2.)$ $l_{\rm e} = 91~{\rm A}$ La Fig. 29 indique un contacteur LC1-D80

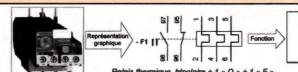
	LES SUR					-	s SCHNE					
	(1) sauf si les fusibles sont à percuteur agis-	APPAREILS  TYPE DE	FUSIBLES	RELAIS THERMIQUE	RELAIS MAGNÉTIQUE	RELAIS	DISPOSITIF À SONDES	DISC	ONTAC' avec	FEUR		
	sant sur un DPMM	PROTECTION  Protection contre	(F)	(RT)	(RM)	(RMT)	(RMT)	(RT)	(RM)	(RMT)		
	(§ 20.1.4.) (2) sauf relais spécial (tempo-	les surcharges (2 à 3 l <sub>n</sub> )	non	oui	non	oui	oui	oui	non	oui		
	risé) (3) si le pouvoir de coupure du contacteur est suffisant.	Protection contre les courts-circuits	oui	non	oui (3)	oui (3)	non	non	oui (3)	oui (3)		
		Protection contre la marche mono- phasée	non (1)	oui	non	oui	oui	oui	non	oui		
	sumsant.	Protection des moteurs à inertie	non	non (2)	non (2)	non (2)	oui	non (2)	non (2)	non (2)		
		Protection du per- sonnel, isolement oui non non non non							non	non		
		Fig. 40 – Critères de protection.										
	CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE	La température a miques. Pour évite ser à la command	er cet inco									
ÉLEMENTS DE CHOIX	PROTECTION CONTRE LA MARCHE MONOPHASÉE	En cas de coupure de phase sur l'alimentation des moteurs triphasés les relais thermiques ouvrent de circuit de commande s'ils sont du type différentiels (à préciser à la commande).  Note: — les relais thermiques peuvent être compensés et différentiels.  — dans le cas d'une protection des circuits de distribution déséquilibrée choisir un relais compensé seulement.										
D'UNE PROTECTION	COURANT D'EMPLOI ET DE RÉGLAGE	Le courant d'emploi $I_{\rm e}$ doit être compris dans la plage de réglage du relais thermique. Le courant de réglage $I_{\rm f}$ est réglé sur la valeur $I_{\rm e}$ .										
	NOMBRE DE CONTACTS	Cas des relais thermiques : constitués généralement de 1 « O » + 1 « F » à accrochage Cas des relais magnétiques : constitués généralement de 1 « O » + 1 « F » instantanés										
	RÉARMEMENT À DISTANCE	Adjonction possible pour relais thermiques et pour relais magnétiques.										
	PROTECTION DES MOTEURS (DÉMARRAGE)	Assurée par des relais temporisateurs thermiques. Ils contrôlent la durée de la mise sous tension des résistances de démarrage des moteurs et assurent la protection contre les démarrages plus longs et plus nombreux que prévus. Voir circuit de commande des démarreurs statoriques, rotoriques et par autotransformateurs (§ 11.1.8.).										
	TENSION NOMINALE	C'est la tension quality (Cette tension est										
	NATURE DU COURANT	Les relais fonctior Seuls les relais al alternatif.						nent qu	ı'en co	urant		
	CARACTÉRIS- TIQUES ÉLECTRIQUES	alternatif.  Circuit de puissance : 660 V.  Fréquence : 0 à 60 Hz pour / < 160 A ; 50 à 60 Hz pour / ≥ 160 A  Circuit de commande : I <sub>th</sub> = 10 A − 500 V.										

#### 20.7. LE RELAIS DE PROTECTION THERMIQUE

(D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

20.7.1. FORME. SYMBOLE ET **FONCTION** D'USAGE

20.7.2. RELAIS **TRIPOLAIRES DE PROTECTION** THERMIQUE (EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE)



Protéger les circuits, protéger les moteurs, contre les surcharges, les coupures de phases. les démarrages trop longs

		relais ur	ermique inpolaire	+1«0»+1«г»	
C	ARACTÉ	RISTIQUE	S PRINCIPAL	ES	COURBES DE DÉCLENCHEMENT
Zone de réglage du relais	Fusibles a au relais Type aM	à associer choisi gG	Pour montage sous contacteur LC1	Référence	Classe 10 (1) Temps 2h
Α	A	Α			1h
Classe 10 (1)					40mn
0,10 - 0,16	0,25	2	D09 - D38	LRD - 01	20mn
0,16 - 0,25	0,5	2	D09 - D38	LRD - 02	10mg
0,25 - 0,40	1	2	D09 - D38	LRD - 03	1 IUMA
0,40 - 0,63	1	2	D09 - D38	LRD - 04	4mn
0,63 - 1	2	4	D09 - D38	LRD - 05	2mn
1 - 1,7	2	4	D09 - D38	LRD - 06	
1,6 - 2,5	4	6	D09 - D38	LRD - 07	1mn 40s
2,5 - 4	6	10	D09 - D38	LRD - 08	
4 - 6	8	16	D09 - D38	LRD - 10	20s
5,5 - 8	12	20	D09 - D38	LRD - 12	10s
7 - 10	12	20	D09 - D38	LRD - 14	
9 - 13	16	25	D12 - D38	LRD - 16	45
12 – 18	20	35	D18 - D38	LRD - 21	25
16 – 24	25	50	D25 – D38	LRD - 22	0,88
23 - 32	40	63	D25 - D38	LRD – 32	444 444 444
30 - 38	50	80	D32 - D38	LRD - 35	0,8 1 2 4 6 10 1720
17 – 25	25	50	D40 - D95	LRD - 3322	x courant de réglage (/ <sub>r</sub> )
23 - 32	40	63	D40 - D95	LRD - 3353	
30 - 40	40	100	D40 - D95	LRD - 3355	Classe 20 (1)
37 - 50	63	100	D40 - D95	LRD - 3357	Temps
48 – 65	63	100	D50 - D95	LRD - 3359	2h
55 - 70	80	125	D50 - D95	LRD - 3361	1h
63 - 80	80	125	D65 – D95	LRD - 3363	40mn
80 - 104	100	160	D80 – D95	LRD - 3365	20mn
Classe 20 (1)					10 mg
2,5 - 4	6	10	D09 - D32	LR2 - D1508	
4 – 6	8	16	D09 - D32	LR2 - D1510	4mn
5,5 - 8	12	20	D09 - D32	LR2 - D1512	2mn
7 - 10	16	20	D09 - D32	LR2 - D1514	1mn
9 - 13	16	25	D12 - D32	LR2 - D1516	40s
12 - 18	25	32	D18 - D32	LR2 - D1521	20\$
17 – 25	32	60	D25 - D32	LR2 - D1522	
23 - 32	40	63	D25 - D32	LR2 - D2553	10s
17 - 25	32	50	D40 - D95	LR2 - D3522	45
23 - 32	40	63	D40 - D95	LR2 - D3553	26

130 (1) Définit la durée de déclenchement à 7,2 Ir Classe 10 : comprise entre 2 et 10 secondes.

50

63

80

100

30

37

48

55

63

40

50

65

70

80

Classe 20: comprise entre 5 et 20 secondes. (2) Utilisés également pour la protection des circuits de distribution. Coordination § 20.1.4.

100

130

135

125

160

Fig. 40 - Caractéristiques des relais de protection thermique.

1 Fonctionnement équilibré, 3 phases, sans passage préalable du courant (à froid).

17 20

6

x courant de réglage (l<sub>i</sub>)

- 2 Fonctionnement sur les 2 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- 3 Fonctionnement équilibré, 3 phases après passage prolongé de courant de réglage (à chaud).

Les relais tripolaires de protection thermique sont destinés à la protection des circuits et des moteurs alternatifs contre les surcharges, les coupures de phases, les démarrages trop longs et les calages prolongés du moteur.

LR2 - D3555

LR2 - D3557

LR2 - D3559

LR2 - D3561

LR2 - D3563

0,85

0.8 1

Ils sont : - compensés (compensation d'ambiance de - 15 °C à + 55 °C) ;

- différentiels (coupure de phase);
- à réarmement manuel ou automatique (commande à distance) ;

D40 - D95

D50 - D95

D50 - D95

D65 - D95

D80 - D95

- avec visualisation du déclenchement ;
- à montage sous contacteur ou à montage séparé (adjonction d'un bornier support : LA7 D2064). L'association d'un contacteur et d'un relais thermique est appelée couramment discontacteur.

### 20.8. LE RELAIS DE PROTECTION MAGNÉTIQUE (D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

20.8.1.
FORME,
SYMBOLE ET
FONCTION
D'USAGE



Fonction

Protéger les circuits contre les courts-circuits, Protéger les moteurs contre les fortes surcharges

Relais électromagnétique unipolaire Sans accrochage + 1 « O » + 1 « F »

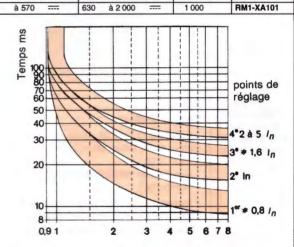
#### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Son fonctionnement est instantané et ne peut être qu'occasionnel (12 manœuvres par heure).

Zone d'emploi recommandée (I <sub>n</sub> moteur)	Limites de réglage (courant de déclenchement)	Intensité maximale permanente	Référence
0,70 à 1,15	1,25 à 4	1,6	RM1-XA001
1,16 à 1,8	2 à 6,3	2,5	RM1-XA002
1,9 à 2,9	3,2 à 10	4	RM1-XA004
3 à 4,6	5 à 16	6,3	RM1-XA006
4,7 à 7,2	8 à 25	10	RM1-XA010
7,3 à 11,5	12,5 à 40	16	RM1-XA016
11,6 à 18	20 à 63	25	RM1-XA025
18,1 à 29	32 à 100	40	RM1-XA040
29,1 à 46	50 à 160	63	RM1-XA063
46,1 à 72	80 à 250	100	RM1-XA100
73 à 115	125 à 400	160	RM1-XA160
116 à 145	160 à 500	200	RM1-XA200
146 à 230	250 à 800	315	RM1-XA315
231 à 360	400 à 250	500	RM1-XA500
361 à 630 ∿	630 à 2200 ∿	1 000	RM1-XA101

20.8.2.
RELAIS
ÉLECTROMAGNÉTIQUE
UNIPOLAIRE À
MAXIMUM DE
COURANT
(EXEMPLE DE
FICHE
TECHNIQUE)

Courbes de déclenchement du relais magnétique suivant le point de réglage et la surcharge  $I/I_r$ .



courant passant / courant de réglage

Pour bloc de contact « OF » à accrochage, ajouter 1 aux références ci-dessus.

#### APPLICATION:

Choix de l'appareillage de protection pour un moteur de 15 kW alimenté en 3 × 400 V 50 Hz Protection magnétique à 4  $l_{\rm n}$ . Démarrage par autotransformateur ( $t_{\rm d}$  = 10 s)

Le § 20.4.4. (Fig. 13) donne  $l_0 = 30$  A sous 400 V et 3 fusibles aM 32 (taille 14 × 51)

Le § 20.2.3. indique un sectionneur de référence : GK1.EM.

Le § 20.5.6. (Exemple 1) indique un contacteur de référence. LC1-D32

Le § 20.7.2. indique un relais tripolaire de protection thermique de référence : LRD-32. Il sera réglé à 30 A. Les fusibles aM 32 assurent sa protection (< 40 A). Il laisse passer la surcharge de 4  $l_r$  pendant 10 s.

Le § 20.8.3. indique un relais magnétique de référence. RM1-XA063 réglé à 4 × 30 = 120 A.

#### 20.9. LE RELAIS DE PROTECTION MULTIFONCTION

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.9.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



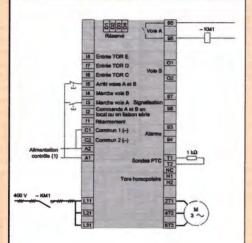
Fonction

#### Cet appareil protège contre :

- les surcharges par la mesure des courants.
- le dépassement de la température interne de la machine (sondes PTC).
- les déséquilibres et l'absence de phases,
- le courant de fuite à la terre,
- la marche à vide et le démarrage long.
- le surcouple et le blocage du rotor,
- l'inversion du sens de rotation des phases,
- le cos φ trop faible...

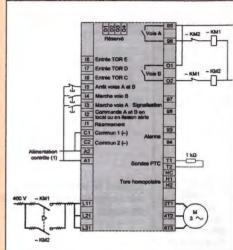
#### Démarrage direct

Par les entrées TOR du relais LT6



#### Démarrage inverseur

Par les entrées TOR du relais

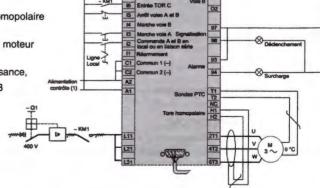


20.9.2. SCHÉMAS D'APPLICATION D'UN RELAIS MULTIFONCTION (type LT6 P)

#### Démarrage direct :

Il se fait par la ligne de communication (liaison série) "alimentation contrôle" avec :

- signalisation "déclenchement" et "surcharge".
- mesure de la composante homopolaire par tore,
- mesure de la température du moteur par sondes PTC,
- état des constituants de puissance,
- paramétrage des voies A et B en direct et en inverseur,
- possibilité de commande par entrées tout ou rien en position local ou par la ligne de communication (liaison série).



(1) dans le cas d'une alimentation continue, les entrées I1 à 18 doivent être raccordées à la polarité positive.

	Caractéristiques	Activées en usine	Activées ou désactivées par liaison série	Désignation des paramètres	Valeurs initiales	Plage de réglage accessible par liaison série
	CIRCUIT DE PUISSANCE :					
	Tension assignée d'isolement	×	-	V	690	-
	Courant assigné d'emploi	×	_	A	1-5-25	-
	CIRCUIT DE CONTRÔLE :					
	Tension assignée d'isolement	×	_	V	690	_
	Tension de fonctionnement	×	_	V	90 à 276	-
	Puissance consommée	-	_	VA	15	_
	ENTRÉES TOR :					
	Tension assignée d'isolement	×	_	V	250	
	Tension de fonctionnement	×	_	V	90 à 276	-
	Puissance consommée	_	_	w	0,5	_
	SORTIES TOR :			· ·	0,3	
		T		V	200	
	Tension assignée d'isolement	X	-		380	-
	Tension de fonctionnement	X	-	V	250 ~ ou 30 =	
	Charge en alternatif	×	-	VA	500 avec I <sub>e</sub> = 0,5 A	-
	Charge en continu	×	-	VA	50 avec I <sub>e</sub> = 0,5 A	-
	PROTECTIONS :					
20.9.3. LE RELAIS	Surcharge thermique	x	x	I <sub>r</sub> ( % du calibre) classe (courbes de déclenchement) alarme surcharge	20 % 5 100 %	20 à 109 % 5 à 30 0 à 100 %
AULTIFONCTION (EXEMPLE	Echauffement (PTC)	×	-			
DE FICHE TECHNIQUE type LT6 P)	Déséquilibre et absence de phase	×	-	I <sub>d</sub> ( % de I <sub>eff</sub> moyen) Inhibition du démarrage temps avant déclenchement	30 % de I <sub>moyen</sub> 0,7 s 5 s	10 à 30 % 0 à 10 s 0 à 10 s
	Défaut terre (DDR)	x	x	I <sub>ΔR</sub> temps avant déclenchement	30 A 5 s	0,3 à 30 A 0 à 5 s
	Démarrage long	-	x	I <sub>SD</sub> (% de I <sub>r</sub> ) temps de démarrage	150 % de <i>l</i> <sub>r</sub> 10 s	100 à 500 % de 0 à 30 s
	Marche à vide	-	×	l√ ( r% de l₁) temps avant déclenche- ment	30 % de <i>l</i> <sub>r</sub> 10 s	30 à 90 % de I <sub>r</sub> 0 à 30 s
	Limitation de couple	-	x	I <sub>LC</sub> (% de I <sub>r</sub> ) temps avant déclenche- ment	200 % de <i>l</i> <sub>r</sub> 10 s	150 à 800 % de 0 à 30 s
	Cos φ	-	×	cos φ temps avant déclenche- ment	0,1 10 s	-1 à +1 0 à 10 s
	Contrôle au sens des phases	-	×	-	sens direct	-
	Délestage	-	x	délestage, relestage temps avant délestage relestage.	70 % de <i>U</i> <sub>n</sub> 10 000 s	68 à 120 % de <i>U</i> , 0 à 100 000 s
	Détection court-circuit	x	-	/cc	15 / <sub>r</sub> crête	-
	Réarmement	x	-	temps avant reset θ °C avant reset	0 s 100 % de θ <sub>n</sub>	0 à 100 s 0 à 100 % de θ <sub>n</sub>
	Commande moteur	x	-	commande des sorties A, B	inverseur	inversion indépendante 2 temps

### 20.10. LES APPAREILS INTÉGRÉS

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

Réglage de la

protection

magnétique

(6 à 15 /rth

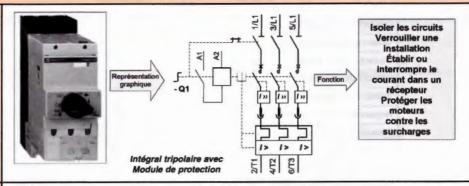
Référence

du module

Démarrage

normal

20.10.1. FORME. SYMBOLE ET **FONCTION** D'USAGE



INTÉGRAL 18, 32 et 63. Il assure dans son intégralité les cinq fonctions :

50

50

- sectionnement, protection contre les courts-circuits, protection contre les surcharges, arrêt d'urgence et communication. Magnéto-thermiques (compensés et différentiels) ou magnétiques

> 220 400

Puissances normalisées

50/60 Hz en catégorie AC3

des moteurs triphasés

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :

- Caractéristique du circuit de commande Un de 24 à 660 V.

Plage de fonctionnement : 0,85 à 1,1 Un Consommation: Appel: Intégral 18 :

Courant

d'emploi de catégorie AC1

(A)

18

32

15 VA 8 VA Intégral 32 : 350 à 400 VA 20 à 30 VA Intégral 63 : J

Contact « O » + « F » 6 A - 660 V

5 9 9

7.5 15 15 15 25

- Caractéristique du circuit de puissance Puissance des moteurs triphasés

en catégorie AC3

en kW sous

230 V 400 V 415 V 440 V 660 V

440 V 660 V (rth maxi) maxi) 240 V 415 V Maintien: kW 0.06 0.25 à 0.4 24 3 48 LB1-LC03M03 \* \* 0.4 à 0.63 3,8 à 7.6 LB1-LC03M04 0,63 à LB1-LCO3M05 0.09 0.37 0,55 1 6 à 12 LB1-LC03M06 0.18 0.55 1.10 1 à 1.6 9.5 à 19 1.10 1.50 1.6 à 2.5 30 LB1-LCO3M07 0.37 1.10 15 à Pouvoir de coupure U<sub>C</sub> ≤ 440 V 48 LB1-LCO3M08 0.55 1.5 1.5 3 2.5 à 24 à 2.2 2.2 4 à 63 38 à 76 LB1-LC03M10 1,1 (kA) à 120 LB1-LC03M13 2,2 4 6.3 à 10 60 4 7,5 LB1-LC03M17 11 95 à 190 3 7.5 7.5 10 à 16 11 11 18.5 16 à 25 150 à 300 LB1-LC03M22 5.5 25 à 32 190 à 380 LB1-LCO3M53 7.5 15 15 23 à 480 LB1-LD03M55 9 22 22 33 28 à 40 240 LB1-LD03M57 à 50 300 à 600 11 25 25 45 35 à 760 LB1-LD03M61 15 33 33 55 45 à 63 380

Réglage de la

protection

thermique (Irth mini à

(EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE)

20.10.2.

CONTACTEUR

DISJONCTEUR

TYPE

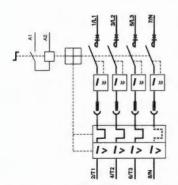
INTÉGRAL

63	15	30	33	33	25	50			
Références		onneme es princi		Sectionnement et isolement consignation par pôles spécifiques					
18		LD1-LE	}		_	-			
32		LD1-LC	,	LD4-LC					
63		I D1-I F	)		I D4-	ID			

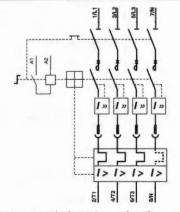
Fig. 41 - Caractéristiques des contacteurs disjoncteurs INTEGRAL.

Fig. 42 - Caractéristiques des modules de protection.

20.10.3. **SCHÉMAS** D'APPLICATION



Sectionnement par pôles principaux avec module de protection.



Sectionnement et isolement : consignation par pôles spécifiques avec module de protection.

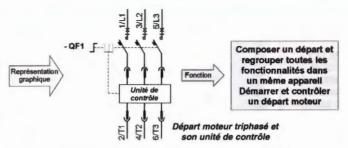
Fig. 43 - Schémas de branchement des contacteurs-disjoncteurs INTÉGRAL.

### 20.11. DÉMARREUR-CONTRÔLEUR

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.11.1.
FORME,
SYMBOLE ET
FONCTION
D'USAGE





#### Conception:

Le concept *TESYS* de *SCHNEIDER ELECTRIC* permet de composer un départ avec les caractéristiques suivantes :

- une seule base jusqu'à 15 kW.
- un pouvoir de coupure de 50 kA sous 400 V en version standard,
- une coordination totale et une non soudure des contacts en cas de court-circuit (conforme à la norme CEI 947-6-2) voir § 20.1.4.
- un choix de 6 calibres.

Puissance maximale normalisée des moteurs Plage de Encliquetage triphasés 50/60 Hz réglage sur la base de Référence calibre 400/415 V (kW) 500 V (kW) 690 V (kW) (A) (A) 12 et 32 LUCM X6BL 0.09 0.15 à 18.6 12 et 32 LUCM 1XBL 0.25 0,35 à 1,4 12 et 32 LUCM 05BL 1.5 2.2 3 1.25 à 5 5.5 5.5 9 3 à 12 12 et 32 LUCM 12BL 7.5 15 à 18 32 LUCM 18BL 9 4.5 15 15 18.5 à 32 32 LUCM 32BL 8

20.11.2.
PRINCIPALES
CARACTÉRISTIQUES DU
DÉMARREUR
CONTRÔLEUR
TYPE TESYS

- un fonctionnement en AC et en DC,
- un regroupement de toutes les fonctionnalités nécessaires dans 45 mm de large,
- une bobine basse consommation d'origine, pour une réduction des alimentations et la suppression des interfaces à relais,
- une réduction des échauffements.

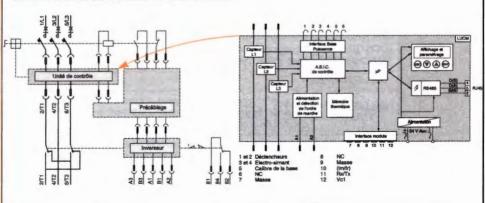
#### Mise en œuvre :

Le faible encombrement et l'échauffement réduit permettent de :

- décentraliser le démarreur-contrôleur moteur au plus près des machines.
- réduire la taille des armoires et des coffrets,
- assurer les fonctions d'un disjoncteur magnéto-thermique et d'un contacteur,
- adapter les éléments de contrôle par simple embrochage,
- intégrer des automatismes qui suppriment le câblage,
- dialoguer par écran et clavier intégrés sur l'unité de contrôle multifonction ou par le logiciel PowerSuite,
- dialoguer à distance en direct par Modbus ou au travers de passerelles pour les autres réseaux.

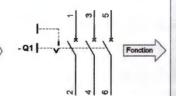
Démarreur-contrôleur à deux sens de marche :

20.11.2.
EXEMPLE DE
COMPOSITION
D'UN DÉMARREUR
CONTRÔLEUR
TYPE TESYS



20.12.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE





Disjoncteur moteur triphasé à commande manuelle

Isoler un circuit
Assurer et adapter la
protection thermique,
magnétique et
différentielle d'un circuit
ou d'un récepteur par
adjonction de
déclencheurs
Établir ou interrompre un
circuit

20.12.2.
ÉLÉMENTS À
PRENDRE EN
COMPTE POUR
CHOISIR UN
DISJONCTEUR

• CARACTÉRIS	TIQUES DU RÉSEAU
TENSION	La tension nominale du disjoncteur doit être au moins égale à la tension entre phases du réseau.
COURANT PERMANENT	C'est l'intensité du courant en ampères qui circule dans le réseau sur lequel le dis- joncteur est installé. Le calibre du disjoncteur doit être supérieur au courant permanent mais inférieur au courant admissible par ce même réseau. Le courant permanent est à déterminer pour une température ambiante de 20 °C.
COURANT ADMISSIBLE	C'est le courant maximum en ampères que peut supporter le réseau en permanence suivant certains critères de pose. (Tableaux Fig. 6 et 7, § 6.1.6.).
COURANT DE COURT- CIRCUIT (Pouvoir de coupure)	Le pouvoir de coupure du disjoncteur doit être au moins égal au courant de court-cir- cuit triphasé susceptible de se produire à l'endroit où il est installé. Si le courant de court-circuit présumé est limité par un appareil de protection se trou- vant en amont, le pouvoir de coupure du disjoncteur peut être réduit dans un certain rapport (Filiation entre disjoncteurs § 20.20.)
FRÉQUENCE	Les fréquences normales de fonctionnement des disjoncteurs sont comprises entre 50 et 60 Hz.
NOMBRE DE PÔLES	Il dépend du régime de neutre et de la fonction désirée (protection, commande, type de récepteurs, sectionnement).
SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE	Régime TT ; TN ou IT (Chapitre 4.)
• TYPES DE PR	OTECTION ASSOCIABLES AUX DISJONCTEURS
PROTECTION	En régime TT elle est assurée par un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR).

CONTRE
LES COURTSCIRCUITS

PROTECTION
CONTRE LES
SURCHARGES

PROTECTION
CONTRE LES
COURTSCIRCUITS

PROTECTION
CONTRE LES
CONTRE LES
COURTSCONTRE LES
COURTS-

câbles suivant leur section (NFC 15-100).

## • SÉLECTIVITÉS SÉLECTIVITÉ

TOTALE

SÉLECTIVITÉ

**PARTIELLE** 

CONTRE LES

PROTECTION

l'appareil de protection placé immédiatement en amont du défaut pour toute valeur du courant de court-circuit présumée.

La protection placée immédiatement en amont fonctionne seule jusqu'à un certain courant de court-circuit et au-delà de cette valeur, les deux protections agissent simultanément.

Il y a sélectivité totale entre deux appareils de protection si un défaut est éliminé par

En régime TN et IT, elle est assurée par les dispositifs de protection contre les courts-

circuits ; le courant de réglage de ces appareils détermine la longueur maximale des

Le réglage du déclencheur magnétique détermine la longueur maximale des câbles

TYPE DE V SÉLECTIVITÉ H

VERTICALE: appareils de protection en série.

HORIZONTALE: appareils de protection sur circuits dérivations. (§ 20.13.)

• CONTRAINTES	DE FONCTIONNEMENT				-
JUXTAPOSITION	Nombre de pôles juxtaposés et fonc- tionnant simultanément	1.2.3 pôles	4.5.6 pôles	7.8.9 pôles	≥ 10 pôles
D'APPAREILS	Correction de In	<i>I</i> n	0,8 <i>l</i> <sub>n</sub>	0,7 <i>l</i> <sub>n</sub>	0,6 I <sub>n</sub>
	La norme NFC 63-410 recommande le	s coefficients	s ci-dessus.		
SERVICE	Il définit le pouvoir de coupure (PC) du PC suivant NFC 61-400. PC suivant NFC 63-120 Cycle P Ouverture (le plus utilisé). PC suivant NFC 63-120 Cycle P2 Ouverture-Fermeture Ouverture.	1 Service r	éduit après	Ouverture	
TEMPÉRATURE	1,2	② 10 ≤	l <sub>n</sub> ≤ 25 A po 10 A po	$\begin{array}{lll} \text{ or } t_{a_{n}} = 20 \text{ or } t_{a_{n}} = 40 \text{ or } t_{a_$	

Fig. 44 - Déclassement suivant la température ambiante.

Il y a lieu de procéder au déclassement du disjoncteur si la température de fonctionnement est différente de la température nominale pour laquelle le calibre a été prévu.

- Calibres maximaux des disjoncteurs suivant le type de liaison et la section des conducteurs :

Mode de pose			Type	de liais	son/Nor	nbre de	condu	cteurs	chargés	3	
Conducteurs ou câbles so conduits	us	PVC/3	PVC/2		PR/3		PR/2				В
Câbles fixés au mur ou au plafond			PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2			С
Câbles multipolaires posés corbeaux ou chemins de c				PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2		E
Câbles unipolaires posés corbeaux ou chemins de c					PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2	F
Section S (mm²)	oncteur	s en (A	)								
Cuivre :	1,5	16	16	16	20	20	20	20	25		
	2,5	20	20	25	25	25	25	32	32		
	4	25	32	32	32	40	40	40	50		
	6	32	40	40	50	50	50	50	63		
	10	50	50	63	63	63	80	80	80		
	16	63	80	80	80	100	100	100	100		
	25	80	100	100	100	125	125	125	125		
	35	100	125	125	125						
Aluminium :	1,5	16	16	20	20	25	25	25	25		
	2,5	20	25	25	25	32	32	32	40		
	4	25	32	32	32	40	40	40	40		
	10	40	40	50	50	50	63	63	63		
	16	50	63	63	63	63	80	80	80		
	25	63	80	80	80	80	100	100	100	125	
	36	80	80	100	100	100	125	125	125		

Fig. 45 - Calibres maximaux des petits disjoncteurs.

Les calibres maximaux indiqués dans le tableau *Fig. 45* sont donnés pour le courant maximal admissible dans le conducteur correspondant. Ces calibres dépendent du mode de pose, du type de liaison, de la nature du courant. L'intensité nominale doit être inférieure à l'intensité admissible. (Tableaux *Fig. 6* et 7, § 6.1.6.)

**Note :** Les courants assignés des petits disjoncteurs assurant la protection des canalisations contre les surcharges sont conformes à la norme NFC 61-410 (disjoncteurs du type B, C et D). (§ 6.1.9.3., Fig 32, 33, 34.)

	Section du Cuivre	câble (mm²)				Longu	eur du cât	ile (m)			
	1,5	2,5		T			1	1,6	6,5	9,5	16
	2,5	4				1	1,6	2,6	10	16	26
	4	6				1,7	2,5	4	17	25	42
	6	10				2,5	4	6,5	25	38	65
	10	16			1,1	4	6,5	11	42	65	110
	16	25		1	1,7	7	10	17	70	100	170
	25	35	1	1,6	2,6	10	16	26	100	160	260
	35	50	1,5	1,2	3,5	15	22	37	150	220	370
20 40 2	I <sub>cc</sub> am	ont (KA)		Pouvoi	r de coup	oure min	imal au b	out du c	âble (I <sub>cc</sub> a	aval) kA	
20.12.3. Choix d'un	1	00		70	50	20	15	10	3	3	1
DISJONCTEUR		80	70	70	50	20	15	10	3	3	1
À PARTIR DU		60	70	50	50	20	15	10	3	3	1
POUVOIR DE COUPURE		40	50	35	35	15	15	10	3	3	1
00010112		30	35	25	25	15	15	10	3	3	1
		20	20	20	20	15	10	10	3	3	1
		15	15	15	15	10	10	6	3	3	1
		10	10	10	10	10	10	5	3	3	1
		5	5	5	5	5	5	5	3	3	1

Fig. 46 - Pouvoir de coupure minimal suivant le câble et I<sub>CC</sub> amont (triphasé 400 V).

- Exemple: Pour une longueur de 5 m de câble de 6 mm² en cuivre, il faut un disjoncteur ayant un pouvoir de coupure de 10 kA si l<sub>cc</sub> amont n'excède pas 20 kA.
   (Prendre la longueur du câble par défaut dans le tableau.)
- Pour un calcul plus précis de l<sub>∞</sub> aval se reporter § 6.1.9.2.

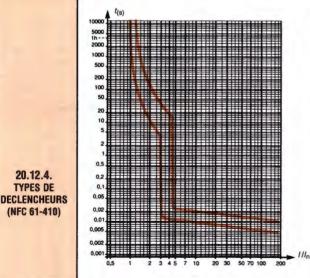


Fig. 47 – Exemple de courbe de déclenchement du type B.

- Déclenchement entre 3 et 5 l<sub>n</sub> (seuil bas)
   (limites extrêmes fixées par la norme)
- Applications :
- source à faible puissance de court-circuit
- grandes longueurs de câbles.

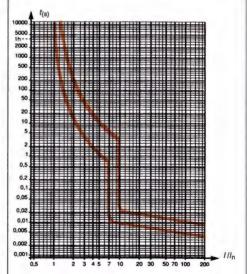


Fig. 48 – Exemple de courbe de déclenchement du type C.

- Déclenchement entre 5 et 10 l<sub>n</sub> (seuil standard).
   (limites extrêmes fixées par la norme)
- Applications :
- protection des circuits dans le cas général.

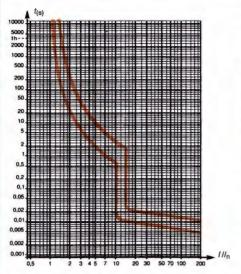


Fig. 49 – Exemple de courbe de déclenchement du type D (seuil haut).

Fig. 50 – Exemple de courbe de déclenchement du type MA.

- Déclenchement entre 10 et 14  $I_{\rm n}$  (limites extrêmes fixées par le norme)
- Application: protection des circuits à fort appel de courant (transformateurs ou moteurs)

Courbes de

- Déclenchement à 12  $I_n$ .
- Application: protection des moteurs en association avec un discontacteur.

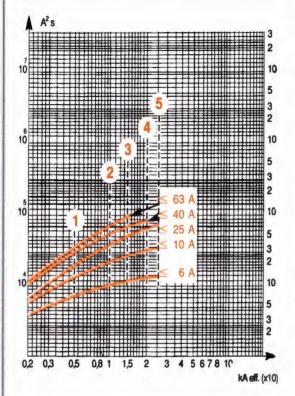
Type	Type			d	éclend	cheme		Calibres (A)	Tensions maximum			ou/	/oir	de c	oupu	re (I	(A)		
i i	bleu	jaune	vert	C	В	D	MA		d'emploi (V)	3	4,5	5	6	7,5	10 1	5 2	0 2	5 5	0
Déclic	X			X				2 à 32	230				T	T	T	П			Γ
DT40N		X	X	X	X	X		1 à 40	230/400										
C60N		X	X	X	X			0,5 à 63	440			1			*				Г
C60N		X	X			X		0,5 à 63	440			T			*				
C60H		X	X	X				0,5 à 63	440					T		*			Г
C60L		X	X	X	X	X		0,5 à 25	440									*	
C60L		X	X	X	X	X		32 à 40	440								*		
C60L		X	X	X	X			50 à 63	440			1	T			*			
C60MLA		X	X				X	1,6 et 2,5	440										*
C60MLA		X	X				X	4 à 25	440				1					*	
C60MLA		X	X				X	40	440			1					*		
C120N		X	X	X	X	X		63 à 125	440						*			- 1	
C120H		X	X	X	X	X		50 à 125	440			T	T			*			
NG125N		X	X	X		X		10 à 125	500						T			*	
NG125L		X	X	X		X		10 à 80	500		1								*
NG125 LMA		x	X				X	4 à 80	500										*
P25M		X	X	S	pécial	mote	ur	0,16 à 25	690	1		1				*			

20.12.5.
GUIDE DE CHOIX
DES
DISJONCTEURS
MODULAIRES

- : Selon la norme NF EN 60898 (C 61-140) marqué en face avant sous la forme : 3 000
- : Selon la norme NF EN 60947-2 (C 53-120) marqué en face avant sous la forme : 5 kA IEC 947.2
- \*: Pouvoir de coupure sous 415 V.

			C	60N			60L 25 A		OL -40 A	C60	L 3 A		5100 H/L	1	S160 H/L		250 H/L
	courant assig	né (A)	63	à 40	000		à 40 °C		40 °C		40 °C		à 40 °C		à 40 °C	-	à 40
	_				, 0	415		415		415	-+U U	415		690		690	
	tension assign d'emploi (V)	CC CA SU/60 HZ	250		-	250		250		250		250		500		500	
	tension d'isol		500		-	500		500		500		500		300		300	
	nombre de pô		-	1 2-	2.4	-	2-3-4		2-3-4	_	2-3-4		2-3-4	3-4		3-4	
	pouvoir I <sub>CC</sub>	130 V	20	_	0 4	50		50		-	- 0 4	<del> </del> '	2.04	0 4		04	
	de coupure	230 V	20	_		30		- 50					_	85		85	_
	CA (kA)	240 V	10	20	)	25	50	20	40	15	30	-		85		85	
		415 V	-	3 10	-	-	25	-	20	4		4 1	10	25		35	
		440 V	-	6		-	20	15		_	10	6	-	22		30	_
		690 V	-		_		20	15			10	-		8		8	_
		60 V	45	: /4:	-1	25	(4m)	25	(4-)	25	(4-)	-		50		-	10-
	pouvoir I <sub>CC</sub> de coupure		-	(1)	_	-		-		-	(1p)	200	(0=)			50	(2p
	CC (kA)	125 V	_	(2		30		30		_	(2p)	30		50	` ' '	50	(2p
		125 V	_	(3	_	50		50		_	(3p)	40		_	(2p)	50	(2p
	Į.	250 V	40	(4	p)	60	(4p)	60	(4p)	60	(4p)	20	(4p)	60		50	(2p
	Bloc déclench	500 V												50	(4p)	50	(4p
		terchangeable										•				•	
		terchangeable				•		•		•		•		•			
	déclencheur r	églable	•									•		•		•	
	magnéto-	on réglable	•		_	•		•		•		-		-		-	
	tnermique	nermique I <sub>r</sub> 1	ř	•	•	ř	•	-		-			_	$\vdash$		-	
				•	•		•							_			
		_ 2	_	•	•	_	•					-				-	
		3	_	•			•									-	
		4_			•									_			
20.12.6.		6		•	•		•										
(EXEMPLE DE FICHE		10	•	•	•	•	•										
TECHNIQUE)		_16	•	•	•	•	•					•		•		•	
reomingor,		20	•	•	•	•	•										
		25	•	•	•	•	•					•		•		•	
		32	•	•	•			•									
		40	•	•	•			•				•		•		•	
		50	•	•	•					•							
		63	•	•	•					•		•		•		•	
		80										•		•		•	
		100										•		•		•	
		125												•		•	
		160												•		•	
	1	200														•	
		250			_											•	_
	magnétiqu		•			•		•		•							
,	agriotiqu	Courbe C		•			•	•		•							_
		Courbe D			•							•		•		•	_
1		Courbe MA	-			-	-					•		•		•	
		/ <sub>m</sub> 190	•	•	•	•	•			-		•		•		•	_
		300	•	•	•		•			-		•	-	•	-	•	
		500	•	•	•			•		•		•		•		•	_
		630			_	_						•		•		•	
					-	-						•	-	Ě		-	_
		1 000			-	-		-				-		•			
		1 000												_		•	_
		1 250				_								•		•	
						ı				1		ı		•		•	
		2 500												_		-	
	_	2 500 ixe lébrochable	PA	V		PA	V	PA	V	PAV		PA	V		V-PAR V-PAR	-	V-PA

### 20.12.7. COURBES DE LIMITATION DES DISJONCTEURS



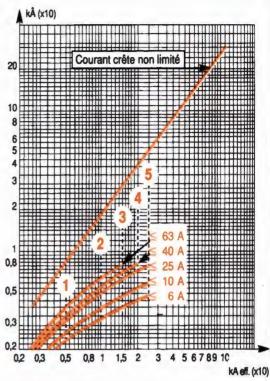


Fig. 51 – Courbes de limitation en contraintes thermiques 400/415 V des disjoncteurs modulaires C60 (2, 3, 4 pôles)

Fig. 52 – Courbes de limitation en courant 400/415 V des disjoncteurs modulaires C60 (2, 3, 4 pôles). (§ 20.12.5.)

- 1 : Disjoncteurs C60a
- 2: Disjoncteurs C60N
- 3 : Disjoncteurs C60H/L, calibres 50 et 63 A
- 4 : Disioncteurs C60L/LMA. calibres 32 et 40 A
- 4. Disjonicieurs Cool Livia, Calibres 52 et 40 A
- 5 : Didjoncteurs C60L/LMA, calibres ≤ 25 A

Sr	nm²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
PVC	Cu	2,97 × 10 <sup>4</sup>	8,26 × 10 <sup>4</sup>	2,12 × 10 <sup>5</sup>	4,76 × 10 <sup>5</sup>				1,62 × 10 <sup>7</sup> 6,64 × 10 <sup>6</sup>		
PRC	Cu	4,1 × 10 <sup>4</sup>	1,39 × 10 <sup>5</sup>	2,92 × 10 <sup>5</sup>	6,56 × 10 <sup>5</sup>				2,23 × 10 <sup>7</sup> 9,23 × 10 <sup>6</sup>		
Sn	nm²	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
PVC		1,19 × 10 <sup>8</sup> 4,87 × 10 <sup>7</sup>									
PVC		1,64 × 10 <sup>8</sup> 6,78 × 10 <sup>7</sup>									

Fig. 53 - Contraintes therrmiques l<sup>2</sup>t en (A<sup>2</sup>s) admissibles par les câbles.

- Exemple 1. Un câble PRC (Cu), de 4 mm² bipolaire, est-il protégé par un disjoncteur C60L de 10 A installé sur un réseau 3 x 400 V ?

La Fig. 53 donne une contrainte thermique admissible de 2,92 105. A2s

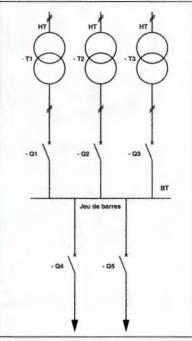
La Fig. 51 indique que le calibre 10 A d'un disjoncteur C60L laisse passer une contrainte maximale de 3 10<sup>4</sup>. A<sup>2</sup>s jusqu'à son pouvoir de coupure (25 kA – limite courbe (5)).

- Exemple 2. À quelle valeur est limité un courant I<sub>CC</sub> de 10 kA<sub>eff</sub> lorsque la protection est assurée par un disjoncteur tripolaire C60L de 32 A sur un réseau 3 x 400 V ?

La Fig. 52 donne 5,5 kA crète.

Note: Les disjoncteurs utilisés en protection de circuit doivent avoir un pouvoir de coupure

- de 3 kA minimum en tarif bleu,
- de 6 kA minimum en tarif jaune,
- de 10 kA minimum en tarif vert.



- Les disjoncteurs de source sont les disjoncteurs Q1, Q2, Q3
- · Les disjoncteurs de départ sont les disjoncteurs Q4, Q5.
- Le disjoncteur de source Q1 doit posséder un pouvoir de coupure supérieur à la plus grande des deux valeurs.
- soit Icc1 (cas du court-circuit en B);
- soit Icc1 + Icc3 (cas du court-circuit en A)
- Le disjoncteur de départ Q1 doit posséder un pouvoir de coupure supérieur à  $l_{cc1} + l_{cc2} + l_{cc3}$ .
- Le calcul du courant de court-circuit est développé § 6.1.9.

20.12.8. CAS DES TRANSFORMA-TEURS

#### · Hypothèses de calcul

- La puissance du court-circuit du réseau amont est de 500 MVA :
- Les transformateurs sont du type 20 kV/400 V;
- entre chaque transformateur et le disjoncteur correspondant, il y a 10 m de câble unipolaire au moins (impédance 0,2 m Ω/m);
- entre une disjoncteur de source et un disjoncteur de départ, il y a 1 m de barres;
- le matériel est supposé installé en tableau à 30 °C.

Note: Les disjoncteurs seront choisis dans la gamme C160A

 Pour obtenir une sélectivité du disjoncteur source par rapport au disjoncteur de départ, (§ 20.20.)

	Nombre et puissance des transformateurs 20 kV/400 V P en kVA	Pouvoir de coupure minimal du disjoncteur source (kA)	Pouvoir de coupure minimal du dis- joncteur départ (kA)	Calibres des disjoncteurs « source » (kA)	Calibres maximaux des disjoncteurs « départ » (kA)
	1 × 100	3,5	3,5		0,1
	2 × 100	3,5	7	0.16	0,25
	3 × 100	7	10	0,16	0,25
	4 × 100	10	13		0,4
	1 × 160	5,5	5,5		0,16
	2 × 160	5,5	10	0,25	0,4
	3 × 160	10	15		0,63
	1 × 250	8,5	8,5		0,25
	2 × 250	8,5	15	0,4	0,63
	3 × 250	15	22		1
	1 × 400	13	13		0,4
	2 × 400	13	25	0,8	0,63
	3 × 400	25	35		1,25
	1 × 630	20	19		0,8
i	2 × 630	20	35	1	1,25
	3 × 630	35	50		1,25
_					

Fig. 54 - Tableau donnant les pouvoirs de coupure des disjoncteurs (cas usuels).

#### $R_i = 110 \times 0.5 \times 10^{-2} = 55 \times 10^{-3} \Omega$ CALCUL DU Exemple: COURANT DE Quel est le courant de court-circuit aux COURT-CIRCUIT bornes d'une batterie stationnaire de caractéristiques : Comme le montrent les calculs ci-- capacité 500 Ah. contre, les courants de court-circuit - tension maximale de décharge 240 V sont relativement faibles. (110 éléments de 2,2 V). Note: si la résistance interne n'est pas - courant de décharge 300 mA, connue, on peut utiliser la formule autonomie 1/2 heure. approchée suivante : $I_{cc} = kQ$ où Q est - résistance interne : 0,5 mΩ par élé-V<sub>cc</sub> tension maxila capacité de la batterie exprimée en ment ampère heure et k un coefficient voisin male de décharge 240 V<sub>cc</sub> de 10 et en tout cas toujours inférieur (batterie chargée à 300 A 100 %) 500 Ah Tenir compte de la résistance du câble Ri: résistance in- $R_i = 0.5 \text{ m}\Omega_{\text{élément}}$ si le courant ne s'établit pas aux terne bornes de la batterie. réseaux mis à la terre la source comporte un réseaux isolés de la terre. la source a une polarité reliée à la terre. point milieu relié à la terre. schémas et différents cas de défaut analyse défaut A Icc maximal seule la polaloc voisin de loc maxi seule la sans conséquence de chaque rité positive est concernée polarité positive est concerdéfaut née sous la tension U/2 20.12.9. défaut B Im maximal, les 2 polarités Im maximal, les 2 polarités lo maximal, les 2 polarités CAS DU sont concernées sont concernées sont concernées COURANT CONTINU défaut C idem défaut A, mais c'est sans conséquence sans conséquence la polarité négative qui est concernée défaut A défaut A et C défaut B cas le plus favorable répartition des tous les pôles devant prévoir sur chaque polarépartir le nombre de pôles pôles de coupure participer effectivement rité le nombre de pôles nécessaires à la coupure (Choix des à la coupure sont placés nécessaires pour couper sur chaque polarité disjoncteurs en série sur la polarité Icc max, sous la tension § 20.12.6) positive (1) et (2) 11/2 (1) ou négative si c'est la polarité positive qui est reliée à la terre. (2) prévoir un pôle supplémentaire sur la polarité de la terre si l'on veut réaliser le sectionnement.

Fig. 55 - Répartition des pôies de coupure

# 20.13. LA PROTECTION DIFFÉRENTIELLE

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.13.1.
FORME, SYMBOLE
ET FONCTION
D'USAGE

20.13.2.

CLASSE

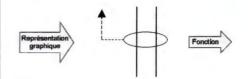
SENSIBILITÉ

ET SÉLECTIVITÉ

**DES RELAIS** 

DIFFÉRENTIELS





Détecter un courant de défaut

Protéger les personnes contre les contacts

indirects

Relais différentiel bipolaire type modulaire

#### CLASSE DU DIFFÉRENTIEL

La Commission Electronique Internationale (**CEI**) a classé les dispositifs différentiels en trois classes **AC**, **A et B** selon leur aptitude à fonctionner en présence d'un courant de défaut présentant une composante continue. La norme NFC 15 100 précise la classe du relais différentiel à mettre en œuvre suivant le type de récepteur protégé (§ 5.2.1.)

#### CLASSE AC

différentiel sensible au seul courant résiduel alternatif (classe standard).
 Température d'utilisation comprise entre – 5 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A:

différentiel sensible au courant résiduel alternatif et au courant résiduel pulsé.
 Température d'utilisation comprise entre – 5 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A si :

– différentiel à immunité renforcée (super immunisé) et destiné aux réseaux perturbés. Il est particulièrement adapté aux réseaux pollués où la continuité de service (immunité aux déclenchements intempestifs) est recherchée (congélateur, micro-informatique, variateur de vitesse, ballasts électroniques...). Il est également immunisé contre les effets de la foudre, les courants haute fréquence, les composantes continues, transitoires, harmoniques et les basses températures comprises entre – 25 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A siE:

 différentiel spécialement conçu pour les installations dans des lieux dont l'atmosphère peut être humide et/ou polluée par des agents agressifs (piscine, port de plaisance, industrie agro-alimentaire, station de traitement des eaux...). Température d'utilisation comprise entre – 25 °C et + 40 °C.

#### **CLASSE B:**

 différentiel sensible au courant résiduel alternatif et au courant résiduel pulsé – qu'au courant de défaut continu pur. Température d'utilisation comprise entre – 5 °C et + 40 °C.

#### SENSIBILITÉ DU DIFFÉRENTIEL

Le seuil de sensibilité du relais différentiel dépend :

- de la valeur de la tension de contact  $U_L$  (50 V, 25 V ou 12 V).

de la valeur de la résistance des prises de terre et masses d'utilisation R<sub>A</sub>

- de la sélectivité désirée.

Différentes sensibilités :

- Haute sensibilité (H.S.) : 3 ; 10 ; 30 mA.

- Moyenne sensibilité (M.S.) 100 : 300, 500 mA. 1 A

Autres sensibilités : 3 ; 5 ; 10 ; 20 ; 30 A.

#### SÉLECTIVITÉ DU DIFFÉRENTIEL EN RÉGIME TT

Le tableau ci-dessous indique :

 les valeurs de la sensibilité du relais suivant la valeur de R<sub>A</sub>;

 les définitions et règles de fonctionnement des deux types de sélectivité.

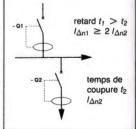
Dans les réseaux schéma TT, cette protection est obligatoirement assurée par un DDR.

Sél	ect	vité	verti	cal	0	
201	COL	AILE	AGIL	va	-	

La sélectivité doit être ampèremétrique et chronométrique  $I_{\Delta n}$  amont  $\geq 2I_{\Delta n}$  aval.

- temps de coupure amont > temps de coupure aval.

Temps de coupure = temps de réponse du DDR + temps de coupure du disjoncteur.

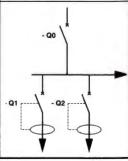


## Valeur de $I_{\Delta n}$ suivant $R_{A}$

	-Δη	M
UL	$R_{A}\left(\Omega\right)$	i <sub>∆n</sub> (A)
50 V	> 500 \$ 500 \$ 167 \$ 100 \$ 50 \$ 17 \$ 10 \$ 5 \$ 2,5	≤ 0,03 0,1 0,30 0,50 1 3 5 10 20
25 V	> 500 \$ 500 \$ 83 \$ 50 \$ 25 \$ 8	≤ 0,03 0,03 0,30 0,50 1,00 3

#### Sélectivité horizontale :

Prévue par la NF C 15-100 elle permet l'économie d'un disjoncteur différentiel en tête (Q0). En cas de défaut, seul le départ en défaut est mis hors tension (Q1 ou Q2).



		AC	(Stan	idard)			_					A si	(Sup	er im	muni	sé)					As	ŝΙΕ	
	Disjoncteur différentiel	Bloc différentiel associé au			ibilité ntanée			ectif S	Sensi	lbilité ntanée	Séle	ctif S	Rég	iable (1)	1/5		Régi I/S/R				ibilité ntanée	Séle	ctif S
	intégré	disjoncteur	10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	300 mA	1 A	30 mA	300 mA	300 mA	1 A	300 mA	500 mA	1 A	300 mA	500 mA	1 A	3 A	30 mA	300 mA	300 mA	1 A
	Déclic Vigi			x					x														
		Vigi DT40		x		x			x	x										x	x		
	DT 40 Vigi			x		x					No.												
20.13.3. RELAIS	ord and	Vigi C60 ≤ 25 A	x	x		x			x											x			
DIFFÉRENTIEL (EXEMPLE DE FICHE	-	Vigi C60 ≤ 40 A		x		x			x											x		x	
TECHNIQUE)		Vigi C60 ≤ 63 A		x		x	x	x	x		x	x								x		x	x
		Vigi C120 tous calibres		x		x	x	x	x	x	x	x								x	x	x	x
		Vigi NG 125 ≤ 63 A			Sune	r imm	unisá		x	x	x	x				x	x	x	x				
		Vigi NG 125 80 à 125 A				'origin			x				x	x	x	x	x	x	x			17-1	
	- 10	ID tous calibres	x	x	x	x	x		x		x									x		x	

I/S/R: instantané, sélectif ou retardé (150 ms)

L'utilisation d'un DDR de haute sensibilité ( $I_{\Delta_n} \le 30$  mA) est imposée par la NFC 15-100 dans les cas suivants :

- prise de terre de valeur trop élevée,
- masse non reliée à la terre (cas des locaux ou emplacements secs lorsque la réalisation d'une prise de terre est impossible),
- exploitations agricoles,

20.13.4.

CONDITIONS

**D'UTILISATION** 

**DES RELAIS** 

DIFFÉRENTIELS

DANS LES

SITUATIONS

**EXPOSÉES** 

- magasins de jouets animés,
- appareils utilisés à l'extérieur sur la voie publique (rôtissoires, machines à glace,...),
- laboratoires de salles techniques des établissements scolaires,

- chantiers,
- forains.
- camping caravaning,
- bateaux à quai,
- socles de prises de courant assigné au plus égal à 32 A,
- risque de rupture du conducteur de protection,
- salle d'eau,
- éclairages extérieurs (jardins),
- prise de courant pour tondeuse et appareils mobiles ou portatifs à l'extérieur,

- hôpitaux (appareils de radiologie),
- piscines,
- sanitaires des immeubles collectifs (prises de courant des salles de lavabos),
- cabines téléphoniques et abris-bus,
- câbles chauffants sans armure métallique noyés dans le sol,
- locaux à danger d'explosion.

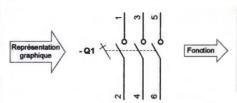
**Note**: Le différentiel 300 mA est admis sur les installations terminales alimentant les ordinateurs et leurs périphériques sous réserve que les prises de courant soient clairement identifiées et munies d'un détrompeur.

Les installations électriques des locaux comportant des risques d'incendie seront protégées par un DDR de sensibilité  $I_{\Delta n} \le 300$  mA.

551

20.14.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE





Isoler un circuit
Établir ou interrompre un
circuit
Assurer la protection des
personnes lorsqu'il est
associé à un relais
différentiel

Interrupteur triphasé à commande manuelle

CARACTÉ-
RISTIQUES
DU RÉSEAU

Tension nominale, fréquence nominale, intensité nominale et nombre de pôles se déterminent dans les mêmes conditions que celles d'un disjoncteur.

#### FONCTIONS À ASSURER

CATÉGORIE D'EMPLOI - La fonction à réaliser détermine le type d'interrupteur :

- fonctions de sectionnement et de commande : interrupteur seul ( $I \le 2500 \text{ A}$ ),
- fonctions auxiliaires (différentielle, commande à distance...): interrupteur différentiel ou interrupteur à télécommande,
- fonction de protection : interrupteur fusible.

20.14.2. ÉLÉMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN INTERRUPTEUR

ES I	catégorie d'emploi	applications caractéristiques	valeur de courant nominal	cos φ	pouvoir de fermeture	pouvoir de coupure
	AC20	fermeture et ouverture à vide	toutes valeurs	-	-	-
	AC21	charges résistives	toutes valeurs	0,95	1,5 / <sub>e</sub>	1,5 / <sub>e</sub>
	AC22	charges mixtes (résistives et inductives)	toutes valeurs	0,65	3 / <sub>e</sub>	3 / <sub>8</sub>
	AC23	moteurs ou charges fortement inductives	$I_e \le 17 \text{ A}$ $17 \text{ A} < I_e \le 100 \text{ A}$ $I_e > 100 \text{ A}$	0,65 0,35 0,35	10 / <sub>e</sub> 10 / <sub>e</sub> 8 / <sub>e</sub>	8 / <sub>e</sub> 8 / <sub>e</sub> 8 / <sub>e</sub>

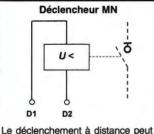
 $I_e = I_b = courant d'emploi$ 

Fig. 56 - Classe de fonctionnement déterminant le choix d'un interrupteur.

COORDINATION
AVEC LE
DISPOSITIF DE
PROTECTION
CONTRE LES
COURTSCIRCUITS

- L'interrupteur n'a qu'un pouvoir de coupure limité.
- Sa tenue au court-circuit est limitée.
- Il doit être protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) situé en amont.
- Le § 20.20. indique le DPCC amont (fusibles ou disjoncteurs) assurant une bonne coordination avec l'interrupteur en cas de court-circuit aval.

20.14.3. AUXILIAIRES ÉLECTRIQUES



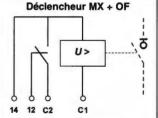
U<

Déclencheur MNx

Le déclencheur à minimum de tension MNx, permet le branchement du bouton poussoir à ouverture entre

#### E1 et E2.

Il est recommandé pour les arrêts d'urgence à sécurité positive.



Dès la mise sous tension, le déclencheur **MX** commande l'ouverture de l'interrupteur auquel il est associé.

Il est équipé d'un contact d'autocoupure et d'un contact "OF" pour signaler la position "ouvert" ou "fermé" de l'interrupteur.

Capacité des contacts :

- -6 A.
  - 220 à 240 V en alternatif.

être réalisé avec un déclencheur MN. Lorsque sa tension d'alimentation décroît (entre 70 et 35 %), il commande le déclenchement de l'interrupteur auquel il est associé et il interdit la refermeture tant que la tension n'est pas rétablie.

Utilisé pour l'arrêt d'urgence par bouton poussoir et en sécurité sur les circuits d'alimentation de plusieurs machines en interdisant leur remise en marche "non contrôlée"

		ID'clic	ID	INS/NS 100 NA	INS/NS 160 NA	INS/NS 250 NA	INS/NS 400 NA
Courant nominal	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 690 V)			100	250	400	630
(A) à 60 °C	CC cl. DC22 ou 23 (U ≤ 500 V)			100	160	250	400
	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 480 V)			100	160	250	400
	CA (U ≤ 250 V)	63		. 1			
	CA (U ≤ 415 V)		100				
	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 240 V)			100	160	250	400
Système	Modulaire	•	•				
	Interpact			•	•	•	•
	Compact			•	•	•	•
Classe	§ 20.13.2.	AC	AC-A	AC-A	AC-A	AC-A	AC-A
tension nominale (V)	CA 50/60 Hz	230	415	690	690	690	690
.,	CC (1)			500	500	500	500
nombre de pôles		2	2,4	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	2,
	r court-circuit (kA crête)		2, 6	3, 6	4, 9	7, 1	
courant de courte kA eff		2		1, 8	1, 5	3, 5	5
durée admissible penda	nt (s)	1		3	3	3	3
endurance mécanique		10 000	20 000	50 000	10 000	20 000	15 000
(nb de cycles OF)	électrique In sous 440/500		20 000	30 000	20 000	10 000	6 000
variantes							
éléments adaptables	bloc différentiel (4)	•	•	•	•	•	•
	bloc de télécommande			•	•	•	•
	inversion de source automatique			•	•	•	•
		ı	1			2	
	inversion de source manuelle			•	•	•	•
auxiliaires et accessoires			18719036	•	• 2000000000000000000000000000000000000	•	
			•	•	•	•	•
	contacts auxiliaire OF		•	•	2000	•	•
auxiliaires (1)	3		•	•	•	•	•
auxiliaires (1)	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur C <sup>de</sup> rot.) contact défaut SD			•	•		•
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur C <sup>de</sup> rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3)		•	•	•	•	•
auxiliaires (1)	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur C <sup>de</sup> rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre		•	•	•	•	•
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur C <sup>de</sup> rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement	•	•	•	•	•	•
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur Cde rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement verrouillage par cadenas	•	•	•	•	•	•
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur Cde rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement verrouillage par cadenas verrouillage par serrure	•	•	•		•	•
auxiliaires (1) adaptables accessoires adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur Cde rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement verrouillage par cadenas	•	•	•	•	•	•
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur Cde rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement verrouillage par cadenas verrouillage par serrure commande rotative	•	•				•
auxiliaires (1) adaptables accessoires adaptables	contacts auxiliaire OF contact CA OF (sur Cde rot.) contact défaut SD déclencheur MX (2) ou NN (3) cache-barre accès de raccordement verrouillage par cadenas verrouillage par serrure	•	•	•			•

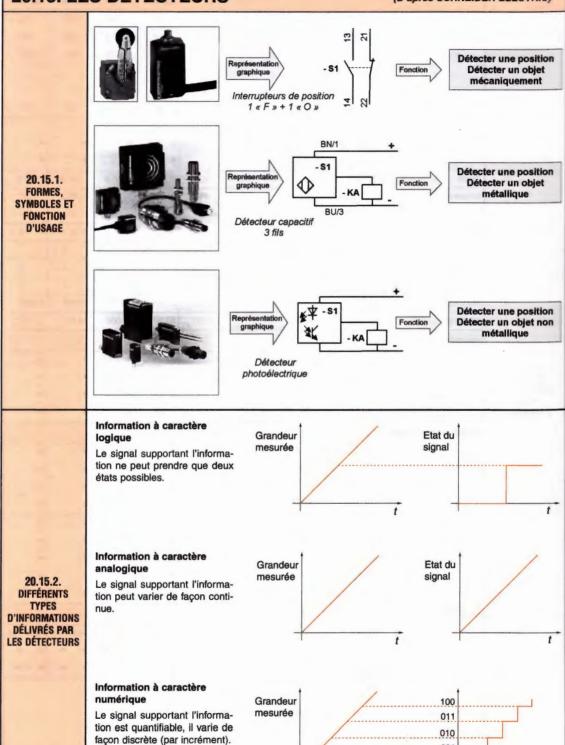
20.14.4. (EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE)

# 20.15. LES DÉTECTEURS

#### (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

000

t

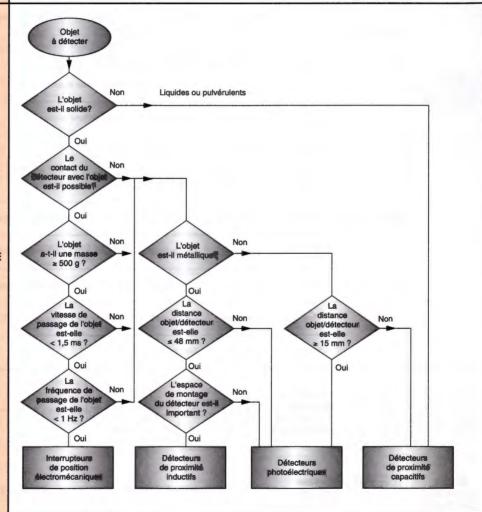


	Signal	Grandeur physique	Natu du sig		Technologie	Pri	ncipe	Nom usuel
		Position	Pneuma	atique	A contact		ou fermeture pneumatique	Capteur pneumatique à contact
		Position	Électri	ique	A contact		ou fermeture it électrique	Capteur électroméca- nique à contact
	Logique	Position	Électri	que	Sans contact		d'un champ nétique	Détecteur de proximité inductif
		Position	Électri	que	Sans contact	Variation	de capacité	Détecteur de proximité capacitif
		Position	Électri	que	Sans contact		d'un flux ineux	Détecteur photoélectrique
		Position	Électri	que	Sans contact	Comptage	d'impulsions	Codeur incrémental
	Numérique	Position	Électri	que	Avec contact		nombre en de l'angle	Codeur absolu
20.15.3 TYPOLOGIE DES		Position déplacement	Électri	que	Avec contact	Variation d'u	ne résistance	Capteur de position linéaire
PRINCIPAUX CAPTEURS		Vitesse angulaire	Électri	que	Avec contact	Variation d	'une tension	Dynamo tachymétrique
		Température	Électri	que	Avec contact		'une tension em)	Thermocouple
		Température	Électri	que	Avec contact	Variation d'u	ne résistance	Thermistance CTN, CTP
	Analogique	Déformation	Électri	que	Avec contact	Variation d'u	ne résistance	Jauge d'extensiométrie
		Champ magné- tique	Électri	que	Avec contact		'une tension em)	Sonde à effet Hall
		Humidité	Électri	que	Avec contact	Variation d'u	ne résistance	Capteur d'humidité
		Gaz	Électri	que	Avec contact	Variation d'u	ne résistance	Capteur de gaz
		Vibration	Électri	que	Avec contact		'une tension em)	Microphone
		Capteur de proximité à commande magnétique II		4	PNP	+ Relais	<b></b>	+ / - Relais
20.15.4. EXEMPLES DE CAPTEURS ET	I PNP	Capteur mécanique avec introduc			Capteur 3 fils F	PNP	Capt	teur 2 fils DC
DE SCHÉMAS	- + - +	Détecteur de proximité à barrière opt canalisé par f optique.	tique	L	NPN Capteur 3 fils N	Relais	<b>•</b>	Relais where 2 fils AC

#### • Démarche générale de choix d'un détecteur

#### Principaux facteurs intervenant dans le choix d'un détecteur :

- les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées, ou encore l'effort nécessaire pour actionner le contact,
- la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, température,
- le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections liquides,
- le nombre de cycles de manœuvres,
- la nature du circuit électrique,
- le nombre et la nature des contacts.
- la place disponible pour loger, fixer et régler le capteur,
- etc.



20.15.6. Organigramme D'aide au Choix

20.15.5

CRITÈRES

GÉNÉRAUX DE CHOIX

20.15.7. DÉMARCHE D'AIDE AU CHOIX Phase 1 : Détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application (nature de l'objet à détecter, contact possible avec l'objet, distance objet/détecteurs, masse de l'objet, vitesse de défilement, cadence de manœuvres...).

Phase 2 : Détermination du type et de la référence du détecteur recherché (environnement : température, poussières..., source courant alternatif ou continu, signal de sortie : électromécanique ou statique, raccordement).

# 20.15.8. MATÉRIELS MONTÉS SUR MACHINE : DÉTECTEURS – CAPTEURS – CODEURS (D'a

(D'après OMRON)

#### - PRÉSENTATION DE LA DÉTECTION ET DE LA SÉCURITÉ

- Les fabricants industriels doivent relever des défis complexes car la demande en matière de performances, de qualité et de coûts est de plus en plus exigeante. Dans un environnement où chaque mouvement, chaque composant et chaque opération d'assemblage doit être immédiatement et automatiquement consigné, contrôlé et documenté afin de garantir une efficacité maximale, le constructeur de composants de détection et de sécurité peut fournir la solution adaptée.
- La gamme des produits proposée par ce constructeur comprend des capteurs optiques et des systèmes de mesures, des systèmes de traitement de l'image haute vitesse pour l'industrie, des dispositifs de contrôle et de commutation et des systèmes de suivi des produits pour l'échange d'informations.

#### **TABLEAU DE SÉLECTION DES PRODUITS**



Fibres optiques



Capteurs photoélectriques



Détec. de dépl./ Capt. de mes. largeurs



Capteurs de vision



Capteurs/Composants de sécurité



Détecteurs de proximité



Codeurs rotatifs



Détecteurs de pression

#### **GRANDS DOMAINES D'APPLICATIONS**



Semi-conducteurs et composants électroniques



Emballages, produits alimentaires, produits chimiques et nettoyage



Electroménager et bureautique



Automobile, machines-outils et robots



Automatismes et équipements d'inspection

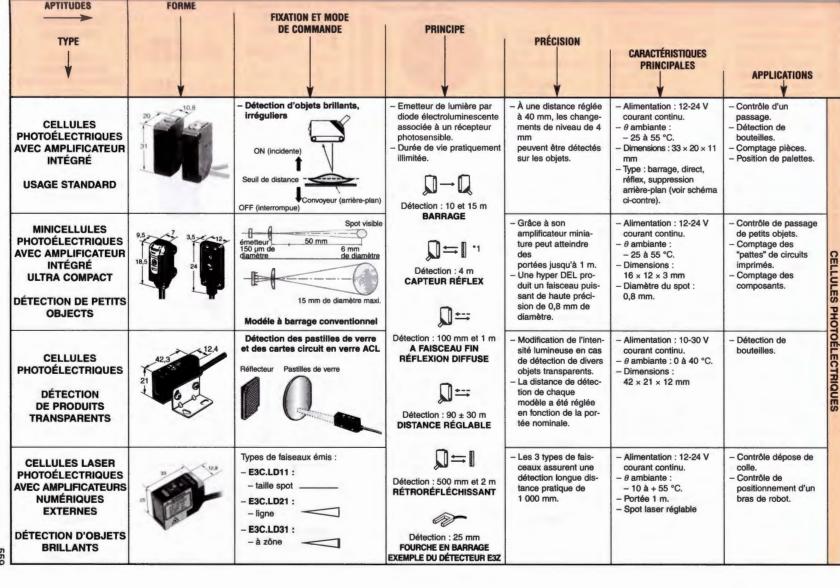


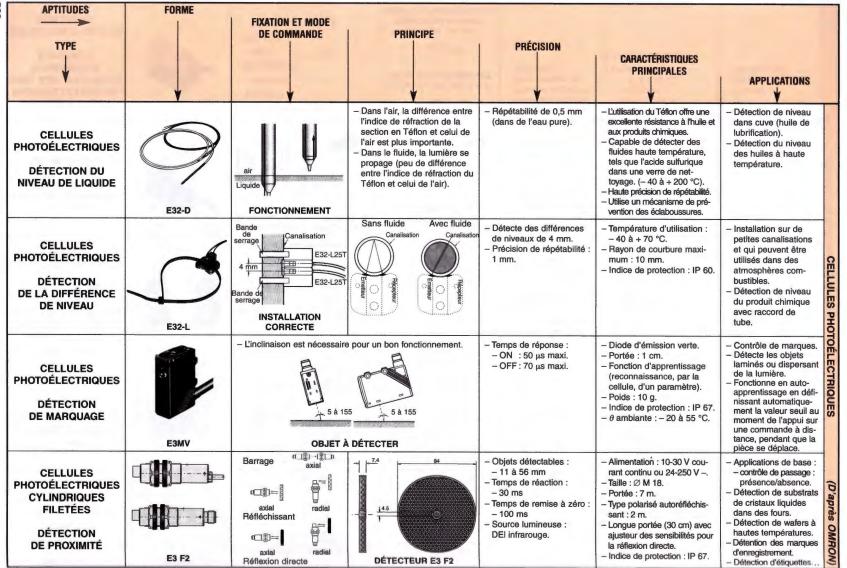
Caoutchouc, machines à mouler et moules

D4D-R

à galet

θ de fonctionnement :
 30 à 70 °C.



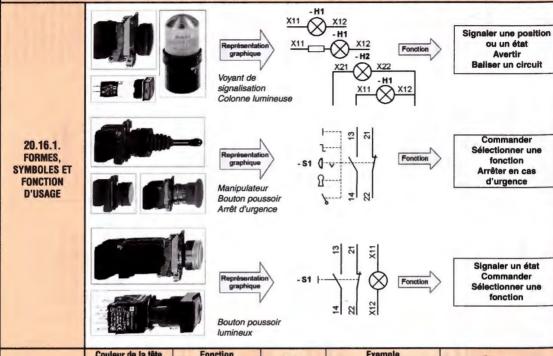


TYPE	FORME	FIXATION ET MODE DE COMMANDE	PRINCIPE	PRÉCISION	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	APPLICATIONS
CAPTEURS DE MESURE DES LARGEURS LASER INTELLIGENTS	ZX-L	Faisceau horizontal  Horizontal  Faisceau horizontal  Faisceau horizontal  Faisceau horizontal	Laser de télémètrie fonction- nant par triangulation.	1 μm	- Portée : 2 m en barrage 50 cm en direct Logiciel de paramétrage - Tracé de courbes - Data logging : remontée - Valeurs sous Excel.	Comptage de feuilles     Epaisseur d'objets     Contrôle de l'excentricité.     Mesures de hauteur.
CAPTEURS DE VISION MESURE ET INSPECTION	V 150	Distance de détection WD (mm) Champ vision L (mm)	Caméra de vision (CCD)     L'image est traitée dans un contrôleur dédié, incluant des fonctions calculatoires.	- 1/100 de la surface vue, égal 1/100 du champ visuel.	Calcul en niveau de gris     (analyse du gris).     16 campagnes de     16 fenêtres.     Calcul : surface / centre     inertie / angle.	- Contrôle de formes - Contrôle présence/ absence - Positionnement de pièces - Contrôle d'inclinaison.
CODEURS ROTATIFS INCRÉMENTAL ET ABSOLU	E6C3	Plate vote A Plate vote B Byrches Z Codeur incrémental	Disque en briefen relatins de 3 bits se la providir des fe seure controlles cons transitions.  Disque en code de Gray de 3 bits se la métion adapté pour les codeum shookus	Codeur absolu	Résolution : 10 à 2 000 min <sup>-1</sup> . Contraintes :	Contrôle présence/ absence Positionnement de pièces Contrôle d'inclinaison.  Contrôle de position- nement Contrôle de déplace- ment: - calcul de longueurs.
CAPTEURS DE PRESSION	OMF	OON E8M5	,	Haute précision sans erreur.      Très sensibles capables de détecter de très faibles différences de pression d'air.	- Plage: 0 à 1 MPa - Sortie linéaire: 1-5 V Alimentation: 24 V courant continu Compact et léger Réglage facile.	- Calcul de pression Idéal pour les bras de robots et autres composants mobiles Contrôle de la pression à l'échappement de bacs individuels de nettoyage Contrôle de la pression d'un jet de flux Contrôle d'aspiration de produits.

Note: Pour d'autres types de détecteurs, capteurs et pour des compléments d'informations, se reporter au DVD ROM OMRON associé à l'ouvrage.

# 20.16. LES AUXILIAIRES DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)



	Couleur de la tête de commande	Fonction (Signification)	Action	Exemple d'application	Remarque
	ROUGE	Urgence	Action en cas de danger	Arrêt d'urgence.     Initialisation de la fonction d'urgence.	Pour marche/mise sous tension at arrêt/mise hors tension le ROUGE est interdit.
	JAUNE	Anormal	Action en cas de conditions anormales.	Intervention pour supprimer des conditions anormales.     Intervention pour remettre en route un cycle automatique interrompu.	Pour arrêt/mise hors tension et marche/mise sous tension le JAUNE est interdit.
20.16.2.	VERT	Sûr	Action en cas de situation sûre ou pour la préparation des conditions normales.	Intervention pour supprimer des conditions anormales.     Intervention pour remettre en route un cycle automatique interrompu.	Pour arrêt/mise hors tension et réarmement le VERT est interdit.     Pour marche/mise sous tension le VERT est autorisé.
ÉLÉMENTS DE CHOIX DES AUXILIAIRES DE COMMANDE	BLEU	Obligatoire	Actions en cas de conditions nécessitant une action obligatoire.	Intervention de réarmement.	
ET DE SIGNALISATION (EN 60 204-1)	BLANC	Marche/mise sous ten- sion (préférentielle) Arrêt/mise hors tension	Action pour l'initialisation générale des fonctions, sauf l'arrêt d'urgence.		Pour le réarmement le BLANC est autorisé.     La même couleur BLANCHE par servir à différentes commandes si elles sont différenciées par code.
	GRIS	Marche/mise sous ten- sion Arrêt/mise hors tension		Intervention spécifique	Pour le réarmement le GRIS est autorisé.     La même couleur GRISE peut servir à différentes commandes si elles sont différenciées par code.
	NOIR	Marche/mise sous ten- sion Arrêt/mise hors tension (préférentielle)		Intervention assignée.	Pour le réarmement le NOIR est autorisé.      La même couleur NOIRE peut servir à différentes commandes si elles sont différenciées par un code.

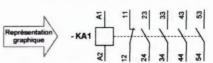
Couleur de la tête du voyant	Fonction (Signification)	Signalisa	tion	Exemple d'application	Action de l'opérateur				
ROUGE	Urgence	Condition dangereuse		Pression, température en dehors des limites de sécurité.      Chute de tension.      Coupure.      Surcourse au-delà de la position d'arrêt.	Action immédiate pour traiter une condition dangereuse (actionner l'arrêt d'urgence, par exemple)				
JAUNE	Anormal	Condition anormale entraînant u condition cr		Pression, température dépassant une limite normale.      Déclenchement d'un dispositif de protection.	Surveillance ou intervention (rétablir la fonction désirée, par exemple).				
VERT	Normal	Condition normale.		Autorisation de démarrer.     Signalisation des limites normales de travail.	Optionnelle.				
BLEU	Obligatoire	Indication d condition q requiert l'ac de l'opérate	ui tion	Demande pour entrer des valeurs présélectionnées.	Action obligatoire.				
BLANC	Neutre	D'autres conditions peuvent êtr utilisées ch: fois qu'il y a doute sur l'utilisation couleurs RC JAUNE, VEF et BLEU.	aque a un des OUGE,	Information générale.	Surveillance.				
3,000	TYPES	3		UTILISATIONS	USUELLES				
	Bouton affic	eurant	Pol	ur une utilisation courante					
	Bouton capu	chonné	Pour améliorer la protection en ambiance particuli ment poussiéreuse.						
CHOIX DU TYPE D'APPAREIL	Bouton coup-	de-poing	Pour une intervention d'urgence (ou pour une man tion répétitive : travail avec la paume de la main qu'avec le doigt).						
DANS UNE GAMME DONNÉE	Bouton tournant	à manette		ur une sélection de foncti chage.	ions, de mouvements avec				
	Bouton tournan	t à serrure	spe		réservée au personnel électrique d'une fonction ou				
	Bouton poussoi	r lumineux		ur regrouper sous un enco	ombrement réduit, les fonc- tion.				

# 20.17. LES CONTACTEURS AUXILIAIRES

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.17.1.
FORME,
SYMBOLE ET
FONCTION
D'USAGE





Fonction

Interface partie commande et partie opérative Relayer les capteurs

Relais auxliaire 1 « O » + 4 « F »

20.17.2. DÉFINITION

- Dans un équipement, les contacteurs auxiliaires assurent les fonctions :
- d'automatismes (relais d'automatisme),
- d'interface entre partie commande et partie opérative (automates programmables, carte de contrôle).

					-				MANE		T				CAD	
				Type do	contac	teur au	xiliaire				C/	ND2	CAD	cons	(basse commation)	
	Tempér	ature d	le l'air s	ec amb	iant		ockage nctionn	ement	(à <i>U</i> <sub>c</sub> )			à + 80 °C à + 70 °C			°C à + 80 ° °C à + 70 °	
	Posit	ion de	fonctio	nneme	nt							on de 30° de 90° ou				
	Tension	n assig	née de	comma	nde					(V)		690 60 Hz)	12 à 440		5 à 72 ===	
	Con		ation m				appel (ξ cos φ maintie cos φ	50/60 H n	z)	(VA		8	5,4 5,4		2,4 0,8 2,4 0,3	
20.17.3.	Di	ssipati	on ther	mique		CA	,			(V)	69	0		690		
LES CONTACTEURS		Limite	de tens	ion		àlar	etombé	e (U <sub>c</sub> )			0,3	à 0,6	0,1 à 0,2	5 0,	1 à 0,25	
AUXILIAIRES (EXEMPLE DE FICHE			fonction t t <sub>a</sub> = 20		t	et ou et fer	verture meture	ion bob contact contact	«O» t«F»			9 ms 22 ms	35 à 45 m 50 à 55 m	-	45 ms à 70 ms	
TECHNIQUE)						et ou	verture	itation contact contact	«F»			2 ms 7 ms	6 à 14 ms 20 ms		à 15 ms 25 ms	
	Dui	rée de 1	vie méc	anique		Millions de manœuvres						30	30		30	
	CARAC	TÉRI!	STIQI	JES D	ES C	CONTACTS										
	Tension d'e Courant the Fréquence	ermique	e : /th	mploi		(f°a s	40 °C	)		(V) (A) (Hz			690 10 25 à 400			
	Protection ( Courant de			rts-circ	uits		le gG ssible p	endant	(	(A) s (A) 0,5 s (A) 0,1 s (A)						
	Durée de l'i Nombre de Bloc tempo	contac		rochag	e)	Bloc	à accro additif ( additif	chage (« O » o	u«F»	(ms	(3)	1 « 0	100 4 » + 1 « F » de	0,1 à 180 s		
	Courant Durabilit manœuv que : La pui aimant établie Puissan	é électives par les de la constant d	ctrique par he ce éta $\varphi = 0$ $\varphi = 0$	e (vala eure) ablie ,7) ~	able ju sur o par la 10 fois	squ'à harge bobi la pu	3 600 indu ne de issan	cycle ctive l'éle	s de telle ctro-	Durat mano que : La d aima mer	constante ant, sans te avec l	trique (va ar heure de tem s réduct a puissa	gorie DC- alable jusque) sur cha aps de la b ion de co ance. les contac	u'à 1 200 rge induc obine de nsommat	l'électro	
	Millions de cycles de	v	24	48	115	230	400	440	600	v	24	48	125	250	440	
	manœuvres 1	VA	60	120	280	560	960	1 050	1 440	VA	120	90	75	68	61	
20.17.4.	3	VA	16	32	80	150	280	300	420	VA	70	50	38	33	28	
CONDITIONS D'UTILISATION	10	VA	4	8	20	40	70	80	100	VA	25	18	14	12	10	
DES CONTACTS	1	-			ш	_	_		===	1 8		X III	NIII			
DES CURIACIS	8 7 6 S		7	$\blacksquare$						8 7 6 5	1		24 V —			
DES	0 -				##				#	υ 5 4		125 V	48 V			
DES CONTACTEURS	3 4		1 1			-	-		+++	NY 3	1					
DES	5 4 3	+	+	_		-	+		+	e 2	250 V				+++	
DES CONTACTEURS	manoeuvr 3 0									00	1	1 V				
DES CONTACTEURS	s de manoeuvr							B 1 440								
DES CONTACTEURS	ycles de manoeuvr									ер 1 9 0,8	440 V					
DES CONTACTEURS	2 2 1 0.00.00 1 0.00.00 1 0.00.00 1 0.00.00 1 0.00.00 1 0.00.00 1 0.00 1									Vcles de m 0.8 0.7 0.6 0.6 0.6	440 V					
DES CONTACTEURS	3 2 2 0,07,00,07,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00									1 0,8 0,7 0,5 0,5 0,4	440 V					
DES CONTACTEURS	Millions de cycles de manoeuvr 0.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.0									1 0,8 de cycles de 1 0,8 0,5 0,5 0,4 0,3 0,3	440 V					
DES CONTACTEURS	S 0,4									Aillions de cycles de 1 0'82 0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'0'	440 V					
DES CONTACTEURS	SC 0,4 0,3 0,2									Willions de cycles de cycl	440 V					
DES CONTACTEURS	0,4 0,3	0,2	0,3 0,	4 0,6 0,5 0,7	0,8 1	2	3			Willions de cycles de 300 0.5 0.4 0.3 0.2 0.2 0.1 0.1 0.1		0,3 0,4 0,		2 3 4	6 8 5 7 9	

# 20.18. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

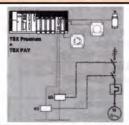
(API)

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.18.1. FORME SYMBOLE ET **FONCTION** D'USAGE



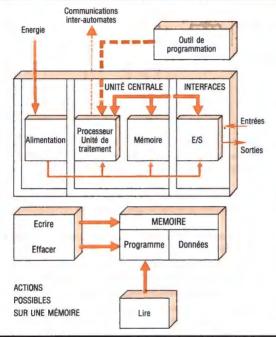
Automate pilotant des modules de sécurité (§ 20.19.)



Enaction

Traiter les données Analyser les entrées Commander les sorties

20.18.2. ARCHITECTURE ET LIAISONS D'UN **AUTOMATE PROGRAMMABLE** 



- L'automate programmable est un système à micro-processeur. Le processeur dialogue avec les entrées/sorties (E/S), la mémoire l'outil de programmation et éventuellement avec le réseau de communication.
- La mémoire contient sous forme binaire. les informations indispensables au bon fonctionnement de l'automate (PROGRAMME ET DONNÉES). On peut lire, écrire. effacer sur une mémoire.

20.18.3. ALIMENTATION CONNEXIONS LIAISIONS

20.18.4.

CRITÈRES À

**RETENIR POUR** 

LE CHOIX D'UN

**AUTOMATE** 

**PROGRAMMABLE** 

#### - ALIMENTATION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES :

- L'alimentation électrique des automates doit être conforme aux règles de al norme NFC 15-100.
- Certaines applications exigent une alimentation spécifique, éventuellement secourue.
- Les fluctuations de la tension ne doivent pas dépasser les limites prévues par la norme NFC 63-850.

#### - RACCORDEMENTS DES ENTRÉES/SORTIES :

- Les raccordements doivent être effectués par bornes ou par conducteurs.
- Les circuits de raccordement seront constitués par des conducteurs appartenant aux séries normalisées (cas usuels) ou par des conducteurs blindés, torsadés (capteurs à faible niveau de tension).
- L'alimentation des circuits des Entrées/Sorties de l'automate doit être séparée (double isolation) des circuits internes.

# - ALIMENTATION:

- tension.
- puissance.
- isolement.
- filtrage.
- raccordement à la terre.

#### - ENTRÉES :

- nombre et nature,
- tension et courant.
- filtrage.
- raccordement
- débrochabilité.
- visualisation, - points communs,
- alimentation des entrées.

#### - SORTIES :

- nombre et nature.
- tension.
- puissance.
- cadence de fonctionnement.
- isolement.
- pouvoir de coupure.
- protection.
- points communs.
- raccordement.
- débrochabilité,
- visualisation,
- sortie de surveillance (chien de garde).

#### - TEMPORISATION:

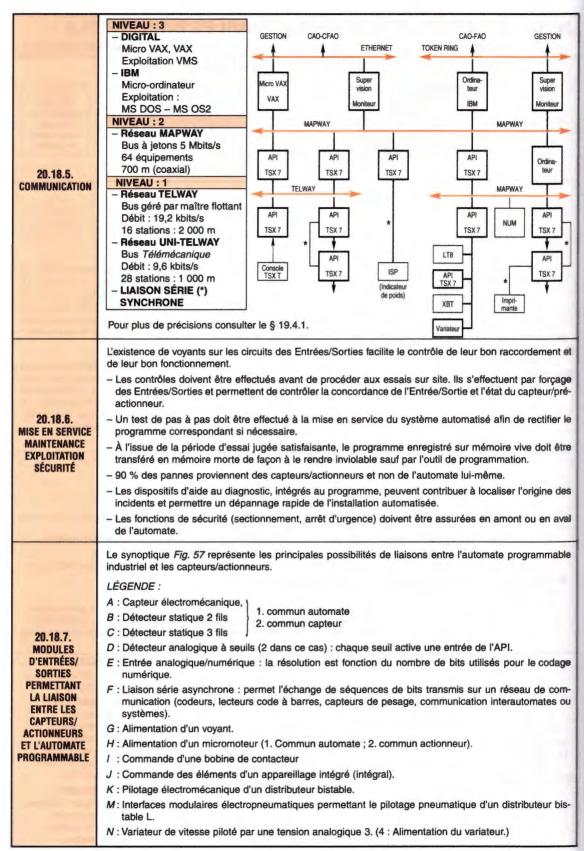
- nombre gamme.
- mode de réglage.

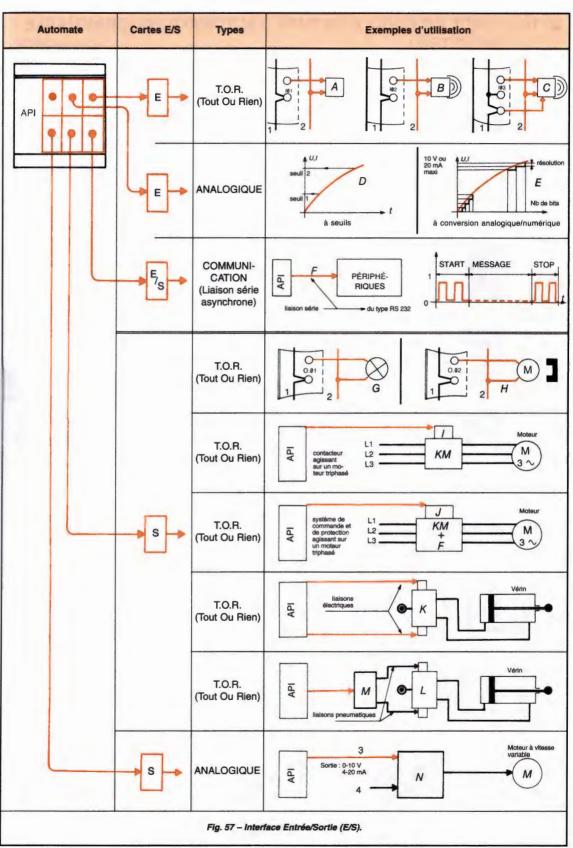
#### - PROGRAMMATION:

- type de langage.
- type de mémoire.
- mode d'archivage,
- mode de sauvegarde.
- outil de programmation
- outil d'exploitation

#### - PÉRIPHÉRIQUES :

- connexions de l'automate (écran-imprimante),
- connexions réseaux (interautomates).





Souplesse, efficacité et rapidité constituent des facteurs essentiels de compétitivité pour la fabrication de machines.
 Depuis les stations d'E/S intelligentes déportées et les micro-automates compacts CPM, jusqu'au mini-automate modulaire et miniaturisé et aux automates CS1 Duplex, toutes les solutions du constructeur intègrent la qualité, la fiabilité et la technologie évoluée sur les systèmes de contrôle qui répondent aux exigences de vitesse de traitement et de transparence.

20.18.8. GUIDE

CHOIX D'UN TYPE D'AUTOMATE PROGRAMMABLE

INDUSTRIEL DE

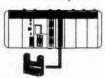
	MICRO API CO	OMPACTS		MI	API SPÉ	CIALISÉS		
CARACTÉRISTIQUES		Tithirean Tithir		M. L. C.	Exercision of the control of the con	C		
	CPM1A	CPM2A	CPM2C	CQM1H16	CJ1M	CJ1G/H	CS1G/H	CS1D
Intégré E/S numériques Entrées interruption Entrées compteur Sorties impulsionnelles	10 – 40 2 – 4 1 (5 kHz) 1 (2 kHz)	20 - 60 2 - 4	10 – 32 2 – 4	16 4 1 (5 kHz) 1 (1 kHz)	16 4 2 (100 kHz) 2 (100 kHz)		non non non non	
Fonctions UC/ cartes optionnelles	2 paramèt Borr	c.a. ou c.c. intégrée sur res analogiques sur les niers amovibles sur le Cl e standard sur tous les i	modèles -A PM2A	Cartes optionnelles de l'UC: 4 compteurs (500 kHz) 2 E/S impulsionnelles (50 Hz) 2 codeurs absolus 4 entrées analogiques + 2 sorties analogiques 4 paramètres analogiques 2 ports série	Choix de modèles avec et sans E/S intégrées	non	2 ports série Carte de régulation	Carte de régulation UC duplex, alimenta- tion et communica- tions
Nbre maxi. de points d'E/S	10 – 100	80 - 120	106 - 192	256 - 512	160-640	960 - 2 560	960 - 5 120	5 120
numériques Temps d'exécution (instructions de bit)	0,72 - 1,72 ms	0,26 - 0,64 ms	0,26 - 0,64 ms	0,375 mm	0,1 ms	0,04/0,02 ms	0,04/0,02 ms	0,02 ms
Mémoire programme Mémoire données Mémoire CompactFlash	2 kMots 1 kMots	4 kMots 2 kMots non	4 kMots 2 kMots	3 – 15 kMots 3 – 12 kMots Cassette mémoire spéciale	10 – 20 kpas 32 kMots	10 – 120 kPas 64 – 256 kMots	10 – 250 kPas 64 – 448 kMots	60 – 250 kPas 128 – 448 kMots
E/S analogique	Résolution	× 4 points 8 et 12 bits C, Pt100	Jusqu'à 4 × (2 entrées + 1 sortie) Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 15 × 4 points Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 20 × 8 points Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	à 64 Mo   Jusqu'à 36 × 8 points   Résolution 13 bits   U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 80 × 8 points Résolution 13 bits ou 80 × 4 points résolution 16 bits U, I, TC, Pt100 traitement E/S	à 64 Mo Jusqu'à 75 × 8 points Résolution 13 bits ou 75 × 4 points résolution 16 bits U, I, TC, Pt100 traitement E/S
Cartes spéciales		non		Carte de régulation de température Carte de relais de sécurité	Compteurs grande Commande Macro de	e température e vitesse (500 kHz) de position protocole apteur RFID	Entrée end Compteurs grande Commande Commande Commande d Macro de	te température codeur SSI vitesse (500 kHz) de position u mouvement de processus protocole apteur RFID
Réseaux industriels		Communication série		Communication série Controller Link		00 BASE-Tx) Iler Link		00 BASE-Tx) ller Link
Maîtres réseaux de terrain	k de terrain non CompoE			CompoBus/S AS-Interface	PROFIE	ceNet BUS-DP Bus/s	PROFIE CAN/C	ceNet BUS-DP ANopen Bus/s
Bus de terrain	DeviceNet Device CompoBus/S Compo PROFIBUS-DP			DeviceNet PROFIBUS-DP		ceNet BUS-DP	PROFIE	ceNet BUS-DP ANopen

## 20.18.9. EXEMPLES DE FONCTIONNALITÉS D'UN MINI-API MODULAIRE CQM1H

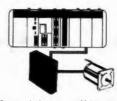
(D'après OMRON)

#### - Mini-automate modulaire dédié à la commande polyvalente des machines.

- Traitement des entrées d'interruption

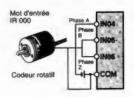


- Capteurs à grande vitesse internes



Commande de moteur pas à pas

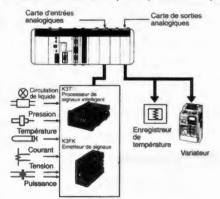
#### - Sortie impulsionnelle et fréquence de changement

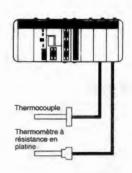


- Carte d'entrées analogiques : elle peut traiter quatre signaux de capteurs ou d'équipements de mesure.
- Carte de sortie analogique unique : elle peut effectuer une conversion N/A à deux points (V = 0.5 ms/2 points)

#### Cartes de régulation

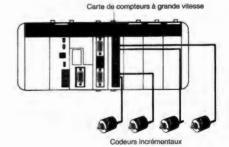
- Entrées thermocouples
- Entrées de thermomètre à résistance en platine.





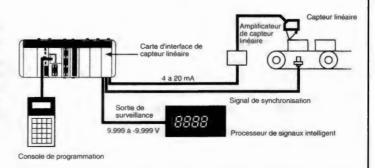
#### - Cartes de compteurs à grande vitesse

- Carte interne qui comprend jusqu'à 4 entrées impulsionnelles grande vitesse pouvant atteindre 500 kHz et qui peut exécuter des tâches en fonction du nombre d'impulsions. (voir configuration ci-contre).



#### - Carte capteur linéaire

-Ces cartes mesurent de manière rapide et précise les entrées de tension ou de courant en provenance de capteurs linéaires et convertissent les mesures en données numériques pour le traitement comparatif des décisions. On peut également synchroniser le traitement interne à l'aide de signaux de synchronisation externe (voir configuration ci-contre).



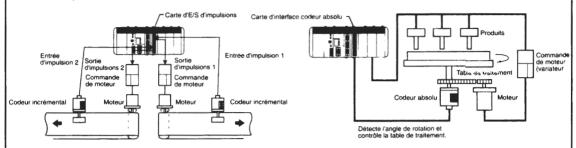
## **EXEMPLES DE FONCTIONNEMENT D'UN MINI-API MODULAIRE CQM1H**

#### - Carte de positionnement

 La carte d'E/S impulsionnelles est une carte interne qui prend en charge deux entrées impulsionnelles et deux sorties impulsionnelles.

#### - Carte codeur absolu

 C'est une carte interne qui permet d'entrer des données de positionnement directement à partir de codeurs rotatifs absolus.

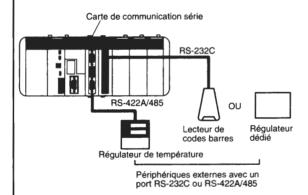


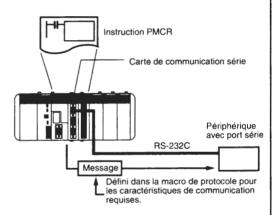
#### - Carte de positionnement série

 Cette carte interne est équipée de deux portes permettant de connecter des ordinateurs hôtes, des terminaux opérateurs programmables, des périphériques externes série ou des périphériques de programmation autres qu'une console de programmation.

#### - Macros protocole:

 Ils permettent de créer des protocoles de communication de données pour les caractéristiques de communication de périphériques externes munis de ports de communication série.

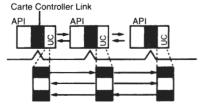




#### - Carte inter - API controller link

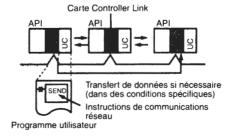
- Controller link est un réseau d'usine qui permet d'envoyer et de recevoir de nombreuses données de manière simple et flexible entre les API du constructeur.
- Il prend en charge des liaisons de données qui autorisent le partage de données et un service de messagerie qui permet d'envoyer et de recevoir des données en cas de besoin.
- Il offre la possibilité de configurer les zones de liaison de données comme on le souhaite pour créer un système de lien de données flexibles et utiliser, de manière efficace, les zones de données.





Echange de données permanent (partage)

#### - Service de messagerie

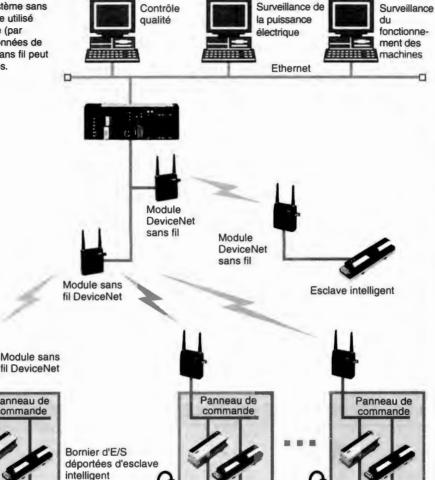


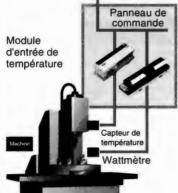
# 20.18.10. EXEMPLE DE CONFIGURATION D'UNE COMMUNICATION SANS FIL

(D'après OMRON)

Les communications sans fil réduisent la maintenance, accélèrent la mise en place de lignes de production et permettent d'économiser de l'espace.

En comparaison à un système sans fil normal, qui ne peut être utilisé que pour une seule tâche (par exemple la collecte de données de production), le système sans fil peut avoir des usages multiples.





# Capteur de température Wattmètre Wattmèt

#### a) Liaison par câble

- Les systèmes d'automatisation industrielle traditionnels nécessitent tout un ensemble de câbles différents, de boîtes de ionction et d'armoires de commande.
- Le réseau filaire simplifie le câblage parce qu'il n'utilise qu'un seul câble à deux paires torsadées pour le courant et les données.

#### - b) Communication sans fil.

- Le réseau fonctionne avec des interfaces sans fil sur la bande de fréquence standard 2,4 GHz,
- Cette interface est la solution idéale sans fil entre deux segments de bus **DeviceNet** (voire plus), en particulier s'il est difficile d'utiliser un équipement à câbler.

	Choix des bas	es automa	ites TSX 37-10		-	The same of									
	Alimentation	Module d'en	trées/sorties inté	gré dans le 1 <sup>er</sup> em	placement	Raccord	ement	Référe	ence						
		Nombi	re d'entrées	Nombre de	sorties	Connecteur	Bornier								
		24 V CC	110/220 V CA	Statiques 24 V CC 0,5 A	Relais										
	24 V CC	16		12			X	TSX 37 10	128DT1						
		16		12		X		TSX 37 10	128DTK1						
			16		12		X	TSX 37 10	128DR1						
		32		32		X		TSX 37 10 1	64DTK						
	110/240 V CA		16		12		X	TSX 37 10 0	28AR1						
		16			12		X	TSX 37 10 (	028DR1						
	Choix des mod	dules à im	planter												
	Type de module	N		ıles maximum (1	)	Form		Raccord	ement						
	à implanter	1	2	3	4	Standard	Demi	Connecteur	Bornie						
	Entrées/sorties tout ou rien														
20.18.11.	8 E				X		X		X						
UTOMATE TYPE	12 E				X		X	X	X						
TSX MICRO	32 E			x (2)		X			X						
(EXEMPLE DE	4 S				X		X		X						
FICHE	8 S				X		X	X	X						
TECHNIQUE)	32 S			x (2)		X			X						
	16 E/S				X		X	X							
	28 E/S			x (2)		X		X	X						
	64 E/S		<b>x</b> (2)			X		X							
	Module de sécurité Préventa				x		x		x						
	Bus AS-i	x (3)					X		X						
	Entrées/sorties	s analogiq	ues												
	4 E et 8 E		X				X		X						
	2 S et 4 S		X				X		X						
	Voies de comp	tage													
	1 voie		X												
	2 voies		Y				Y	Y							

(1): Avec mini bac d'extension TSX RKZ 02

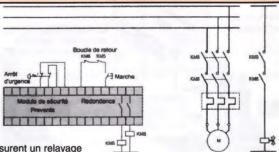
(2): Y compris le module format standard positionné dans le 1er emplacement de l'automate

(3): Les modules extension d'entrées/sorties TOR à distance et le coupleur de bus AS-i s'intègrent à la position 4 qui rend leur utilisation exclusive.

# 20.19. LES MODULES LOGIQUES DE SÉCURITÉ (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.19.1. FORME. SYMBOLE ET **FONCTION** D'USAGE





Fonction

Les modules de sécurité PREVENTA assurent un relayage intermédiaire éliminant les risques :

- d'un défaut du circuit de commande (entrées)
- d'un défaut du circuit de puissance (sorties)
- d'un défaut d'un composant interne du module de sécurité.

KM5 et KM6 sont des contacteurs à contacts liés

mécaniquement et les circuits de sécurité sont indépendants.

20.19.2. DÉMARCHE GÉNÉRALE **POUR ATTEINDRE** LA SÉCURITÉ

La mise en œuvre des moyens de sécurité garantissant le respect des exigences essentielles des directives passe par l'analyse des risques.

Les étapes conduisant vers la sécurité sont déclinées ci-contre :

Appréciation des risques

Assurer la sûreté et la

disponibilité des

fonctions de sécurité

Prévention des risques

Conception des systèmes de commande relatifs à la sécurité

#### Appréciation du risque selon la norme EN 1050 (Fig. 58)

#### Cette norme vise trois objectifs:

- réduire ou éliminer le risque,
- choisir le bon niveau de sécurité,
- assurer la protection des personnes.

#### Détermination des limites de la machine :

- pendant toutes les phases de sa vie (installation, utilisation démontage),
- dans des conditions normales d'utilisation et de fonctionnement,
- dans des conditions abusives d'exploitation ou de dysfonctionnement,
- en tenant compte du niveau de formation et d'expérience des intervenants.

#### Identification des phénomènes dangereux :

- mécaniques (écrasement, choc....).
- électriques,

20.19.3.

**APPRÉCIATION** 

FT

**PRÉVENTION** 

DU RISOUF

 physico-chimiques (projection de substances dangereuses, brûlures).

#### Estimation du risque

Analyse pour chaque situation dangereuse de :

- la gravité de la lésion ou du dommage (facteur S),
- la fréquence et la durée d'exposition dans la zone (facteur F),
- la possibilité d'éviter ou de limiter le phénomène dangereux (facteur P).

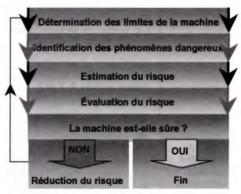
#### Évaluation du risque :

- comparaison par rapport à la réduction attendue du risque,
- vérification du niveau de sécurité atteint.

# Prévention des risques selon la norme EN 292-1 (Fig. 59)

- La prévention consiste à éliminer ou diminuer le risque :

   éliminer le risque lorsque cela est possible
  (objectif : « 0 » accident et « 0 » panne). Seule la
  prévention intrinsèque permet d'éliminer totalement
  le risque.
- diminuer le risque avec comme objectif de le rendre acceptable quand il n'est pas possible de l'éliminer par des protections individuelles, collectives ou des mesures de sécurité.



Flg. 58 - Appréciation du risque

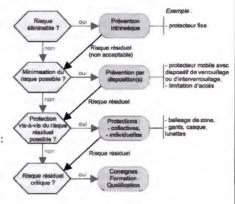


Fig. 59 – Démarche générale de prévention des risques

L'objectif du concepteur est de garantir que les défauts des parties d'un système de commande relatives à la sécurité ou des perturbations extérieures ne peuvent pas conduire à une situation dangereuse sur la machine. La norme EN 954-1 définit cinq catégories d'un niveau croissant de performances suivant le tableau ci-dessous :

Base principale de Exigence du système de com- Comportement Structure typique d'un

Catégories	sécurité	mande	en cas de défaut	circuit en cas de défaut	Commentaires
В	Par la sélection des composants conformes aux normes pertinentes.	Contrôle correspondant aux règles de l'art en la matière.	Perte possible de la fonction sécurité.		Perte possible de la fonction de sécurité.
1	Par la sélection des composants conformes aux normes pertinentes.	Utilisation de constituants et de principes éprouvés.	Perte possible de la fonction sécurité. Probabilité plus faible qu'en B.	E: entrées UT: Unité de traitement S: Sorties	Pas de redondance sur E. Pas de redondance interne assurée par un relais lié mécanique- ment. Pas de redon- dance sur S.
2	Par la structure des circuits de sécurité.	Test par cycle. La périodicité du test doit être adaptée à la machine et à son applicateur.	Défaut détecté à chaque test.	UT Contrôle periodique	Redondance ou pas sur les entrées. La boucle de retour per- met d'assurer un test cyclique sur la sortie.
3	Par la structure des circuits de sécurité.	Un défaut unique ne doit pas conduire à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté si cela est raisonnablement faisable.	Fonction de sécurité garantie sauf en cas d'accumulation de défauts.	E1 E2 UT2 UT2 S1 S2	Redondance sur les E. Redondance sur les S.
4	Par la structure des circuits de sécurité.	Un défaut unique (ou une accumulation de défauts) ne doit pas mener à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté dès, ou avant la prochaine sollicitation de la fonction de sécurité.	Fonction de sécurité toujours garantie.	TEN EZE UTZ UTZ UTZ ST SZ	Redondance sur les E. Redondance sur les S. La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur la sortie.

20.19.4. LES CATÉGORIES DES SYSTÈMES DE COMMANDE

catégories de systèmes de commande. Elle permet au concepteur de déterminer lui-même la catégorie du système de commande correspondant à la fonction de sécurité concernée. L'évaluation des risques est une opération très complexe et, pour une machine donnée, elle peut être différente selon les parties de la machine étudiée. Tableau de choix du système de commande selon EN 1050 et EN 954-1 en fonction des facteurs de risques estimés S. F et P. Catégories du système de commande Gravité de lésion : 1 4 Classification des risques S1 - lésion légère 20.19.5. (réversible) **S1** DÉMARCHE S2 - lésion sérieuse **CONDUISANT AU** (normalement irréversible) P1 CHOIX D'UN y compris le décès 11 SYSTÈME DE F1 COMMANDE Fréquence et/ou durée P2 d'exposition au phénomène Ш S2 dangereux: F1 - rare à assez fréquent et/ou P1 IV de courte durée F2 F2 - fréquent à continu et/ou longue durée EN 954-1 Possibilité d'éviter le **EN 1050** phénomène dangereux : Catégories ayant la préférence P1 - possibilité sous certaines conditions Catégories exigeant des mesures Mesures excessives P2 - rarement possible supplémentaires Les modules logiques de sécurité sont des appareils qui s'intègrent dans les circuits de commande pour assurer la sûreté et la disponibilité des fonctions de sécurité. Leur câblage interne est réalisé en redondance et leur logique est autocontrôlée. Les modules de sécurité sont des éléments nécessaires pour assurer sans risque de défaillance la fonction de sécurité. Ils permettent de détecter les défauts de fonctionnement qu'une simple installation ne permet pas d'éviter. Ils effectuent à chaque cycle de fonctionnement une série de tests qui permet de détecter toute défaillance des dispositifs de protection et des circuits associés. C'est ainsi qu'ils détectent : - tout défaut de court-circuit sur le câblage des organes de commande. 20.19.6. - tout collage d'un contact électrique dans un organe de service, LES MODULES - la mise en court-circuit d'un contact de bouton d'arrêt d'urgence. LOGIQUES DE - le grippage d'un bouton d'impulsion de mise en marche. SÉCURITÉ un courant de fuite à la terre. L'association de la redondance et de l'autocontrôle dans certains modules de sécurité permet le classement des circuits de commande en catégorie 4. Après un premier défaut, l'autocontrôle signale le défaut et incite au dépannage tandis que la redondance permet d'assurer la fonction de sécurité. Les principales fonctions que les modules de sécurité peuvent surveiller sont : - l'arrêt d'urgence. - les protecteurs mobiles (dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage). - les commandes bimanuelles, les barrières immatérielles, - la détection de vitesse nulle, la rupture d'arbre de chaîne, - les tapis et bords sensibles... L'arrêt d'urgence est destiné à parer à des risques ou à des phénomènes dangereux en train d'apparaître ou à atténuer des risques existants pouvant porter atteinte à des personnes, à la machine ou au travail en cours. Il peut être déclenché par une action humaine unique quand la fonction d'arrêt normal ne convient 20.19.7. pas. LES FONCTIONS DE SÉCURITÉ Les arrêts ou dispositifs d'arrêt d'urgence doivent provoquer l'arrêt des processus dangereux dans un EXEMPLE DE temps aussi court que possible, mais sans créer de risque supplémentaire. Ils doivent répondre à la norme L'ARRÊT EN 418 qui définit les exigences de sécurité : D'URGENCE - la fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et fonctionner à tout instant, quel que soit le mode de marche.

les contacts des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être à manœuvre positive d'ouverture (NF).

Une matrice établit la correspondance entre les cinq niveaux résultant de l'estimation du risque et les cinq

#### Action sur le circuit de commande avec relayage intermé-Action sur le circuit de commande sans relayage intermédiaire : diaire : L'arrêt d'urgence est réalisé uniquement Les modules de sécurité PREVENTA permettent d'assurer un avec des composants électromécaniques relavage intermédiaire fiable en éliminant les risques : câblés. Il agit directement sur le circuit de - d'un défaut du circuit de commande (entrées), - d'un défaut du circuit de puissance (sorties), commande de la machine. Cette disposition est suffisante lorsque le - d'un défaut d'un composant interne du module de sécurité Fonction redondance : doublage des circuits. risque estimé correspond aux catégories Fonction d'autocontrôle : intégration de relais à contacts liés de systèmes de commande B ou 1. mécaniquement à l'ouverture et à la fermeture. 20.19.8. REDONDANCE ET **AUTOCONTRÔLE** Arrêt d'urgence Arre KM Circuits de sécurité Fonction-description: Mise en fonctionnement du moteur par appui sur \$3 qui ferme les sorties de sécurité du module PREVENTA. Arrêt du moteur par action sur S1 ou sur S2 qui ouvre les sorties de sécurité du module PREVENTA. 20.19.9. Surveillance de défaut : ARRÊT Redondance des contacts de S1 et de D'URGENCE S2. des contacteurs KM1 et KM2. **CATÉGORIE 3** Il n'y a pas de surveillance de ces composants ni du bouton \$3. ESC : conditions de démarrage externes Fonction-description: Mise en fonctionnement du moteur par appui sur \$3 qui ferme les sorties de sécurité du module PREVENTA. Arrêt du moteur par action sur S1 ou sur S2 qui ouvre les sorties de sécurité du module PREVENTA. Surveillance de défaut : Redondance des contacts de S1 et de S2, des contacteurs KM1 et KM2. Surveillance de défaut par le module PREVENTA: - premier défaut sur S1 ou sur S2. - défaut de S3. - défaut de KM1 ou de KM2 par la 20.19.10. technique des ARRÊT contacts liés D'URGENCE mécaniquement, **CATÉGORIE 4** - court-circuit dans le câblage de S1 et S2. O 23 100

(1) : avec surveillance du bouton marche ESC : conditions de démarrage externes

# 20.20. SÉLECTIVITÉ ET COORDINATION

	Amont calibre cartouche gG		Aval (A) en fonction de la classe pour obtenir une sélectivité	Amont calibre cartouche aM	Aval calibre maximum (A) en fonction o la classe et de la tension pour obtenir une sélectivité				
	(A)	aM	gG	(A)	aM	gG			
	2			2	1	1			
	4	1	1	4	2	4			
	6	2	2	6	2	6			
	8	2	2	8	4	8			
	10	2	4	10	6	10			
	12	2	4	12	6	12			
	16	4	6	16	10	16			
	20	6	10	20	12	20			
	25	8	16	25	12	25			
	32	10	20	32	20	32			
20.20.1.	35	12	20	36	20	32			
SÉLECTIVITÉ	40	12	25	40	25	32			
ENTRE	50	16	32	50	25	40			
CARTOUCHES	63	20	40	63	40	50			
FUSIBLES	80	25	50	80	50	63			
(d'après	100	36	63	100	63	80			
LEGRAND)	125	40	80	125	80	100			
	160	63	100	160	100	125			
	200	80	125	200	125	160			
	250	125	160	250	160	160			
	315	125	200	315	200	200			
	400	160	250	400	250	250			
	500	200	315	500	315	315			

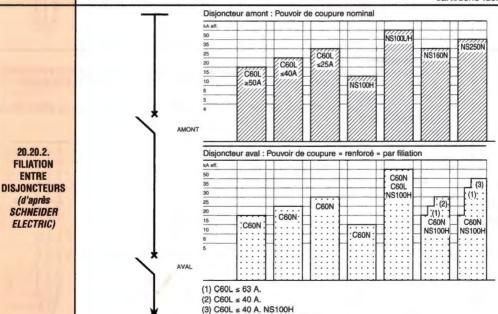
Note: Le rapport de sélectivité est de 2 pour les calibres inférieurs à 16 A et de 1,6 à partir du calibre 16 A pour les fusibles gG.

Exemples: – On désire assurer la sélectivité par fusibles par rapport à une cartouche gG 20.
Tension d'alimentation 230 V 50 Hz.

- Le tableau ci-dessus donne : pour un fusible placé en amont : - cartouche fusible aM 20

- cartouche fusible gG 32 pour un fusible placé en aval : - cartouche fusible aM 6

aval : - cartouche fusible aM 6
 - cartouche fusible gG 10.



Filiation sur réseau 400/415 V.

ou tableaux différents. La filiation ne peut être donnée que par les constructeurs.

La filiation est l'utilisation du pouvoir de limitation du disjoncteur amont pour installer en aval des disjoncteurs moins performants. Elle peut se réaliser avec des disjoncteurs installés dans des coffrets, armoires

576

	AMONT	C50L courbe C						NS 100 H Courbe C				NS 100 H Courbe D				NS 160 N Courbe D				NS 250 N Courbe D									
	AVAL In (A)		2	3	4	6	_	16	20	25		40	50	63	50	63	80		50	63	80	100		100	125		160	200	250
	limite sélect	. (A)						120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	600	756	960	1 200	Α	В	C	D	E	T	T
		16																											
	C60N	20 25						-											-										
	Courbe B	32																					F	G	Α	Н	С	T	Т
		40 50		-				-															-					$\vdash$	
		63						100				200	076	170		1770	000	750	200	750	000	4.000					Ļ	Ţ	Ţ
	limite sélect	. (A)	15	23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	4/3	375	4/3	600	/50	500	/56	960	1 200	A	В	С	D	t	T	T
		2																											
		3			-				_					-	-		_							_					
		6																											
	C60N Courbe C	10																											
	Course o	20 25																								_			
		32																					F	G	Α	Н	С	1	Т
		40 50															V												
		63																											
	limite sélect	. (A)		23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1 200	A	В	С	D	E	T	T
		2																											
		3													_														
		6																											
	C60N	10		-																				_					
	Courbe D	20																											
20.20.3.		25 32																					F	G	Α	Н	E	T	Ť
SÉLECTIVITÉ		40 50																											
ENTRE DISJONCTEURS		63																											
(d'après	limite sélect	. (A)						120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1 200	Α	В	С	D	E	K	T
SCHNEIDER		16																											
ELECTRIC)	C60L	20 25					_																						
	Courbe B	32																					G	L	М	N	Н	0	Т
		40 50		-		-	-	-				-		_ 3	-								F	G	A	Н	С	1	Т
		63																			-								
	limite sélect	. (A)	15	23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1 200	Α	В	С	D	E	T	T
		2																											
		4			-																								
		6 10																											
1 -	C60L Courbe C	16																											
	- Course o	20			_																								
		32																					G	L	М	N	Н	0	T
		40 50			_			Н						_						-			F	G	A	Н	С	T	T
	limite - 1	63																750				1000							
	limite sélect	50													-			750				1200	560	P	u	L	L	R	5
	NS100H Courbe	63														-													
	B et C	100																											
	limite séject	. (A) 50				_	FO	E 1				-										1200		-0	Q	L	L	R	S
	NS100H	63																											
111111111111111111111111111111111111111	Courbe D	80 100							AU.																_				
	(A) :25	_	4			(E)	:50	000	4		-	(I)	:65	500	Α			(N)	: 4 :	500	A			(R)	:2	600	A		
	(B) :28 (C) :35	00 A	A			(F) (G)	: 1 6	000	A			(K) (L)	: 15	000	A			(O) (P)	:7:	500 200	A			(S)	: 4	200	Α	tota	le
	(D) : 60 Il y a sél			entre				00 / eur a		nt et			: 2 7			lors	que		: 1 4 poir			ncou	ırs s	e tro	ouve	da	ns la	zor	ne
	ombrée.																												

	Zone de réglage du relais (A)	Fusi	bles aM	Zone d				bles aM		réglage ais (A)		ibles aM
		gG				•	gG		and the second		gG	The state of the s
	0,1 à 0,16	2	0,25	9			25	16	80 à		200	
	0,16 à 0,25	2	0,5	12			32	20	95 à		200	
	0,25 à 0,40	2	1	17	à 2	5	50	25	100 à	160	250	160
	0,40 à 0,63	2	1	23	à 3	2	63	40	125 à	200	315	200
20.20.4.	0,63 à 1	4	2	28	à 3	6	80	40	160 à	250	400	250
COORDINATION	1 à 1,6	4	2	30	à 4	0	100	40	200 à	315	500	315
FUSIBLES/	1,25 à 2	6	4	37			100	63	250 à		630	
RELAIS	1,6 à 2,5	6	4	48			100	63	315 à		800	
THÉRMIQUES			6						400 à			
		10		55			100	63			800	
	4 à 6	16	8	63			125	80	500 à		1 000	
	5,5 à 8	20	12	80			160	100	630 a	1 000	1 250	1 000
	7 à 10	20	12	75	à 10	5	160	100				
	La coordination fus	sible + re	lais ther	mique es	st illus	trée	courbes	③ et (	4) § 20.1	.3. <i>Fig. 3</i> .		
	AVAL → INTERRUP			ID'CLIC2	5 ID'C	LIC40	ID,CTIC93	ID 25	ID 40	ID 63	ID 80	ID 100
	AMONT FUSIBLE	gG (A)	16					100				
			20	8				100	100			
			25		1 .			100	100			
			32 40		1 '	3		100	100	80		
			50						80	50		
			63				10			30	30	
			80							20	20	
			100					10	10	10	10	10
20.20.5.	DISJONCTEUR		C50N					16/8 *	16/8 *	16/8 *		
COORDINATION	Diocomorgon		C60L					45/25 *	45/20 *	30/15 *		
FUSIBLES OU		N	IS100H				-				5	5
DISJONCTEURS /	AVAL → INTERRUP	TEUR		ID 25	ID 40	ID 6	3 ID 80	ID 100	NS 100 NA	NS 160 NA	NS 250 NA	NS 400 NA
(D'après	AMONT DISJONO	TEUR	C60N	8	8		8					
SCHNEIDER	(ou AVAL	0.000	C60L	25	20	1						
ELECTRIC)	INTERRUPTEUR	N	S100H				5	5				
	si tous les	N	S160N	1 1					25	25		
	appareils se		S250N						35	35	35	
	trouvent _		S400N	-		_						35
		JSIBLE &							250	315	630	1 200
	même		x (kA)	1.00					100	100	100	100
	tableau) Fl	JSIBLE 9	gG (A) x (kA)	100	100	10		100	315 100	100	630 100	630 100
	*1			1	1.7			- 17				100
	* Le premier chiffre Le tableau indique											
	Exemple 1 : (§ 20.	.20.2.)		Exemple	e 2 : (	\$ 20	).20.3.)		Exempl	e 4 : (§ 2	3.20.5.)	
(	, ,,	,					e garan	tit la		,,,	,	
	RESEAU 400	V		sélectivi	té e	entre	disjor			RESEAU 4	00 V	
	C250N X			amont e								
	200 A	35 kA					e un NS 1			ID63 60 A	-0	
	. ↓			0			glé à 40			4	141	cA .
				aval est-			•			T	-	
	ļ <del> </del>			ll y a sél	ectivi	té da	ans la lim	ite de			1	
20.20.6.	C161N 150 A	C60 50 A	L	4 kA						C60L	C60L	C60L
EXEMPLES	28 kg	A	- 1	Exemple	. 2 . /	8 20	20 2 /		<b>\</b>	10 A	20 A	30 A
	<b>'</b>	,	1			_	itre un	CEOL			·	
	Un disjoncteur NS2	SON					50 A en a		Un table	eau alime	ente 3 c	lénarte
	(PdC = 33 kA) insta				_		be <b>B</b> ré			0 A et 10		
	l'installation 3 × 400						lle assur	_	Schéma			. 7 10-1.
	tallation d'un C60L						ivité car l			pteur dif	férentie	situé
	sur le départ 50 A (p	•		, ,			ne corre			tableau se		
	de 28 A) et un (PdC				-		dans la			sjoncteur		
	le départ 150 A.		,	blanche.					type C6	•		
											-	

## 21. LA GESTION DE L'ÉNERGIE ACTIVE ET RÉACTIVE

#### 21.1. LA TARIFICATION

#### **21.1.1. LE CONTRAT**

- Le CONTRAT D'ABONNEMENT est un document établi avec EDF, fixant les conditions de la fourniture d'énergie.
- Le choix de l'abonnement est lié à la puissance, au nombre et aux conditions d'utilisation des appareils.

#### 21.1.2. LE PRINCIPE DE LA TARIFICATION

## COÛT DE LA CONSOMMATION Correspond à l'énergie utilisée (kWh) et à l'énergie réactive en tarif VERT (kVArh) CONTRAT D'ABONNEMENT Niveau de puissance souscrit par l'abonné (en kVA)\* PRIME FIXE Correspond à un abonnement à des kVA.

#### MONTANT GLOBAL DE LA FACTURE EN EUROS

\* Le niveau de puissance souscrit par l'abonné détermine le choix du tarif et le montant de la prime fixe correspondante. C'est un abonnement à des kVA qui ne préjuge pas de l'énergie consommée.

#### 21.1.3. LES ÉLÉMENTS DE TARIFICATION

- C'est la connaissance de la consommation de l'abonné en cours de journée et de la maîtrise qu'il en a, qui lui permet de choisir : le tarif. l'option, la version.
- Leur choix peut conduire à un gain économique important.
- Les tarifs : BLEU, JAUNE et VERT déterminent le niveau maximal de puissance souscrite.

#### 21.1.4. OPTION E.J.P. (Effacement Jour de Pointe : EDF ne le propose plus depuis le 01.01 1996)

- Permet de bénéficier d'un tarif avantageux en dehors des **396 heures** de pointe durant lesquelles l'abonné accepte de réduire sa consommation par délestage de sa charge ou en recourant à une autre forme ou source d'énergie de remplacement.
- Ces périodes de pointe sont étalées sur 22 jours aléatoires, consécutifs ou non, en période d'hiver, à raison de 18 heures par jour (entre 7 h du matin et 1 h le matin suivant).
- Durant ces 22 jours le coût du kWh est très élevé (tarifs, § 21.3).

#### 21.2. GUIDE DE CHOIX D'UN MODE DE TARIFICATION

ÉLEMENTS	RÉSEAUX	PUISSANCE C	ONCERNÉES		
TYPE			OPTIONS	VERSIONS (Utilisations)	UTILISATION ET REMARQUES
Tarif BLEU	вт	3 à 36	Petites fournitures 3 kVA Base Heures creuses Tempo	-	Logements - locaux professionnels     Professionnels et commerciaux
Tarif JAUNE	ВТ	36 à 250	- Base - E.J.P.	- longues - moyennes - longues	Petites et moyennes entreprises – tertiaire     Réseau triphasé : 4 périodes tarifaires et éventuellement 22 jours avec E.J.P. Chaque option, chaque version comporte :     une prime fixe annuelle     des prix du kWh différents suivant les saisons et les moments de la journée
Tarif VERT A5	BT ou HT		- Base - E.J.P.	- courtes - moyennes - longues - très longues - moyennes - très longues	- Industrie - Chaque tarif comporte : - une prime fixe annuelle - des prix du kWh différents suivant les saisons et les moments de la journée

## 21.3. INFORMATIONS SUR LES DONNÉES TARIFAIRES EDF EN FONCTION DES CONTRATS (Tarifs EDF au 01/02

(Tarifs EDF au 01/02/2005)

TARIFS				CI	LIENTS DOM	MESTIQUES	S, AGRICOLI	ES ET PRO	FESSI	ONNELS		
		PUISSANCES	OPTION	N BASE	OPTION	HEURES C	REUSES		OP	TION TE	МРО	
	SOUSCRITES (kVA)		Redevance abonnem¹	Prix de l'énergie	Redevance abonnem <sup>1</sup>		l'énergie par kWh)	Redevance abonnem <sup>t</sup>			e l'énergi ≘ par kW	
			(€ par an)	(cents € par kWh)	(€ par an)	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	(€ par an)	JOU		OURS ANCS	JOURS
BLEU de 3 à 36	Pe	tites fournitures 3 kVA	23,88	12,91	-	-	-	-	-		-	-
(Tarif TTC)		6	60,84	10,58	105,24	10,58	6,45	~	-		-	-
(lalli i i c)	1	9	119,88	10,58	189,12	10,58	6,45	162,36	4,47	en 9,	09 en	16,83 en
	1	12	172,08	10,58	272,88	10,58	6,45	222,36	Heu		eures	Heures
		15	224,28	10,58	356,76	10,58	6,45	222,36	Ceus	ses C	euses	Ceuses
		18	276,60	10,58	440,52	10,58	6,45	222,36	et	1	et	et
		24	461,88	10,58	737,04	10,58	6,45	409,08	5,55	en 10	,76 en	47,03 er
	l	30	647,16	10,58	1 033,44	10,58	6,45	409,08	Heu	res H	eures	Heures
		36	832,44	10,58	1 329,96	10,58	6,45	549,72	Pleir	nes Pi	eines	Pleines
	VERSIONS TARIFAIRES				PTION BAS	E	-	OPTION EFFACEMENT JOUR DE PO			POINTE	
			SNO	SNS	SNS	UES	ENT	SNO	SNS	SNO	IUES	ENT
			RTS	NA OIL	ATIO	NG	EM	ATIO	NE	ATIO	ATIC	SEM
			COURTS	MOYENNES	LONGUES	TRÈS LONGUES UTILISATIONS	DÉPASSEMENT	COURTES	MOYENNES	LONGUES	TRÈS LONGUES UTILISATIONS	DÉPASSEMENT
JAUNE de 36 à 250 kVA (Tarif HT)	Prime fixe annuelle en € par kVA		-	15,84	47,76	-	10,77 € par heure	-	-	47,76	-	10,77 € par heur
	Pointe mob	Pointe mobile	-	-	-	-	-	-	-	26,253	-	-
	HIVER	Heures Pleines Heures Creuses	-	11,297	7,728	-	-	-	-	5,243	-	-
	T	· ·		7,583	5,491	-	-	-	-	5,243	-	-
	411	Heures Pleines	_	2,857	2,721	_	_	-	_	2,721	_	_
	ÉTÉ	Heures Creuses	-	2,280	2,143	-	-	-	-	2,143	-	-
		Prime fixe annuelle en € par kVA	16,80	39,60	66,60	108,36	-	- 3	39,60	-	108,36	-
		Pointe	19,863	13,556	9,512	5,361	3,25 €/kW	-	_	-	_	-
	HIVER	Pointe mobile	-	-	-	-	-	- 2	20,368	-	7,136	3,25€/k
VERT A5 moins de	를	Pointe mobile Heures Pleines Heures Creuses	8,917	6,831	5,482	4,127	1,08 €/kW	-	4,508	-	3,417	1,08€/k
10 000 kVA (Tarif HT)		Heures Creuses	5,140	4,282	3,718	3,172	1,08 €/kW	-	4,508	-	3,417	1,08€/k
(	Heures Pleines Heures Creuses	3,084 2,105	2,486 1,906	2,625 1,712	2,470 1,575	27,1 €/kW 27,1 €/kW	-	2,846 1,906	-		27,1 €/ki 27,1 €/ki	
	Énergie réactive en cents € kVArh			1,754 en heures de pointe et heures pleines d'hiver seulement						n heures eines d'hiv		nent

#### Note:

#### - Tarif JAUNE :

Le coefficient de puissance réduite de la prime annuelle fixe est de 0,20 ; 0,36 ; 0,44 et 0,52 suivant l'option et la version.

#### - Tarif VERT :

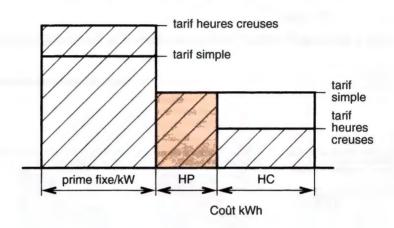
Le coefficient de puissance réduite de la prime annuelle fixe est de 0,06 ; 0,08 ; 0,15 ; 0,18 ; 0,31 ; 0,33 ; 0,76 et 0,77 suivant l'option et la version.

#### 21.4. ÉLÉMENTS PERMETTANT LA VÉRIFICATION DU CHOIX D'UNE VERSION TARIFAIRE EDF

- Le tarif BLEU comporte trois options au choix de l'abonné :

OPTION BASE	OPTION HEU	RES CREUSES	OPTION TEMPO	
	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES
de 3 à 36 kVA	de 6 à 36 kVA		9-12-16-18-24-30-36 kVA	
un seul tarif en fonction de la puissance souscrite		de 22 h à 6 h ou de 12 h à 14 h et de 0 h à 6 h	suivant les jours BLEUS BLANCS ROUGE (voir page suivante)	

#### COMPARAISON TARIF SIMPLE ET TARIF HEURES CREUSES



21.4.1. TARIF BLEU DE 3 À 36 KVA

#### EXEMPLE DE PUISSANCES SOUSCRITES SELON LES BESOINS DU CLIENT

DUIGOANGEO	DOMESTIQUE ET AGRICOLE		PRO	PROFESSIONNEL		W005.05	INTENSITÉ ADMISSIBLE (A)		
PUISSANCES SOUSCRITES	OPTION			OPTION		MODE DE RACCORDEMENT	MONO	TRI 400 V	
	BASE	НС	TEMPO	BASE	НС	TEMPO		230 V	
3 kVA (petites fournitures)	•						monophasé exclusivement	15	
6 kVA	•	٠		•	•		monophasé dans la plupart	30	10
9 kVA	•	•	•	•	•		des cas, tri- phasé en cas de contraintes liées au réseau	45	15
12 kVA	•	•	•		•	•		60	20
15 kVA	•	•	•	•	•	•	de distribution, ou en cas d'uti- lisation de mo-	75	25
18 kVA	•	•	•	•	•	•	teurs triphasés.	90	30
24 kVA	•	•	•	•	•	•			40
30 kVA	•	•	•	•	•		triphasé		50
36 kVA			•						60



Nota : les prix des abonnements varient en Prix faible

#### - CHOIX D'UN CONTRAT EN TARIF BLEU EN FONCTION DE LA PUISSANCE NÉCESSAIRE

Choisissez la puissance adaptée à vos besoins

9 niveaux de puissance proposés

En plus de l'éclairage, vous utilisez les appareils électroménagers courants (réfrigérateur, téléviseur, aspirateur...)



En plus de l'éclairage et des appareils ectroménagers courants, vous désirez faire fonctionner UN appareil important à la fois.

En plus de l'éclairage et des appare électroménagers courants, vous désirez faire fonctionner DEUX appareils importants en même temps





Prix élevé

fonction des puissances souscrites.

Vous avez une habitation entièrement équipée à l'électricité (cuisine, eau chaude, chauffage) ou vous disposez d'appareils électriques nombreux et



**Puissance** à souscrire 3 kW

6 kW

9 kW

12 à 36 kW

3 kW: option base - petites fournitures De 6 à 36 kW, 2 options tarifaires : option base, option heures creuses De 9 à 36 kW, option tempo

#### - Remarque :

La puissance nécessaire n'est pas la somme des puissances de chacun des appareils (les appareils ne fonctionnent pas simultanément) mais seulement la puissance réellement utilisée par les appareils qui fonctionnent en même temps.

#### 21.4.2. TARIF VERT A5 - MOINS DE 10 000 kVA - TENSION DE 5 000 À 30 000 V

#### **OPTION BASE**

- version courtes utilisations
- version moyennes utilisations
- version longues utilisations
- version très longues utilisations

#### **OPTION E.J.P.**

- version movennes utilisations
- version très longues utilisations

#### SI LA PUISSANCE EST CONSTANTE DANS TOUTES LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Le choix est guidé par le nombre d'heures d'utilisation annuelle de la puissance maximum souscrite, c'està-dire par le rapport entre les consommations annuelles dans toutes les périodes tarifaires et la puissance maximum souscrite.

Inférieure à 2 000 h Entre 2 000 et 3 500 h Entre 3 500 et 6 300 h	CHOISIR:	
Inférieure à 2 000 h	La version courtes utilisations	
Entre 2 000 et 3 500 h	La version moyennes utilisations	
Entre 3 500 et 6 300 h	La version longues utilisations	
Supérieure à 6 300 h	La version très longues utilisations	

#### SI LA PUISSANCE SOUSCRITE EST DIFFÉRENTE SELON LES PÉRIODES TARIFAIRES :

 Il convient de chiffrer à l'aide de barèmes de prix, les dépenses annuelles correspondant aux versions tarifaires voisines et de choisir celle pour laquelle la dépense est minimum.

#### Exemple:

- Puissance souscrite : 200 kW
- Consommations annuelles :

Pointe
 Heures pleines d'hiver
 Heures creuses d'hiver
 Heures pleines d'été
 Heures pleines d'été
 Heures creuses d'été
 50 000 kWh
 Heures creuses d'été
 50 000 kWh

1 180 000 kWh

- Dépenses annuelles à la version moyennes utilisations (A)
- Dépenses annuelles à la version longues utilisations (B)
- Choisir la version longues utilisations si (B) est inférieur à (A)

#### **FACTEUR DE PUISSANCE**

- Si au cours d'un mois, apparaît une facture d'énergie réactive, la proportion d'énergie réactive consommée par rapport à la quantité d'énergie active est supérieure à 40 %.
- Obligation, pour réduire la facture, d'installer des condensateurs.

#### TARIFS OPTION BASE

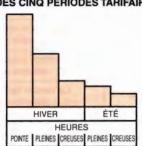
- 5 prix de kWh suivant les saisons et les moments de la journée :
  - 2 saisons : Hiver : de novembre à mars
     Été : d'avril à octobre.
  - Chaque jour (1): Heures pleines de 6 h à 22 h (de 7 h à 23 h pendant l'horaire d'été)
    - Heures creuses de 22 h à 6 h (de 23 h à 7 h pendant l'horaire d'été).
- En plus, en décembre, janvier et février, tous les jours sauf le dimanche, il existe une période tarifaire supplémentaire dite de période de pointe pendant 2 h le matin et 2 h le soir (2).

	HIVE	3	ÉTÉ		
POINTE	HEURES	HEURES	HEURES	HEURES	
	PLEINES	CREUSES	PLEINES	CREUSES	

- (1) Par exception, le dimanche ne comprend que des heures creuses.
- (2) Varient suivant les particularités régionales.

# HIVER déc. - janv. - février 22 h 20 h 20 h pleines 3 9 h 11 h

## COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES CINQ PÉRIODES TARIFAIRES

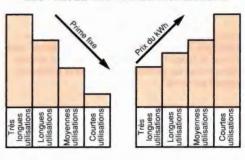


#### COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DE KWH DES QUATRE SAISONS

ÉTÉ

avril à octobre

creuses



#### OPTION E.J.P.

- DEUX SAISONS : - Hiver : de novembre à mars.

- Été : d'avril à octobre.

- EN ÉTÉ: - Heures pleines de 6 h à 22 h (de 7 h à 23 h pendant l'horaire d'été).

- Heures creuses de 22 h à 6 h (de 23 h à 7 h pendant l'horaire d'été).

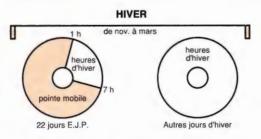
- EN HIVER : - Heures de pointe mobiles de 18 h consécutives (approximativement de 7 h à 1 h du matin) pendant

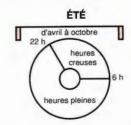
22 jours d'hiver (les jours où la demande d'électricité est la plus forte).

- Heures d'hiver pour toutes les autres heures de la saison d'hiver.

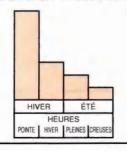
#### **AU TOTAL QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES :**

	HIVER	É	TÉ
POINTE	HEURES	HEURES	HEURES
	D'HIVER	PLEINES	CREUSES

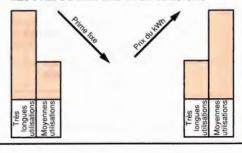




#### COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES



#### COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DU kWh DES DEUX VERSIONS



#### 21.4.3. TARIF JAUNE DE 36 À 250 KVA

- version utilisations movennes
- version utilisations longues
- version effacement jours de pointe

#### SI LA PUISSANCE EST CONSTANTE DANS TOUTES LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Le choix est guidé par le nombre d'heures d'utilisation annuelle de la puissance maximum souscrite, c'est-à-dire le rapport entre les consommations annuelles dans toutes les périodes tarifaires et la puissance maximum souscrite.

DURÉE D'UTILISATION	CHOISIR:		
Inférieure à 2 000 h	La version utilisations moyennes		
Supérieure à 2 000 h	La version utilisations longues		

#### SI LA PUISSANCE SOUSCRITE EST DIFFÉRENTE SELON LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Il convient de chiffrer, à l'aide des barèmes de prix, les dépenses annuelles correspondant aux versions tarifaires voisines et de choisir celle pour laquelle la dépense est minimum.

#### Exemple:

- Puissance souscrite: 150 kVA
- Consommations annuelles :
  - Heures pleines d'hiverHeures creuses d'hiver
  - Heures pleines d'été
    Heures creuses d'été

- 100 000 kWh 15 000 kWh
- 200 000 kWh 10 000 kWh
- 325 000 kWh

- Dépenses annuelles au tarif utilisations moyennes (A).
- Dépenses annuelles au tarif utilisations longues (B).
- Choisir le tarif utilisations longues si (B) est inférieur à (A).

#### **FACTEUR DE PUISSANCE**

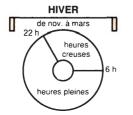
- Un mauvais facteur de puissance entraîne un surcroît de puissance souscrite, donc une majoration de prime fixe.
- Obligation, pour réduire la facture, d'installer des condensateurs.

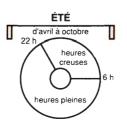
#### PRIX DE kWh DIFFÉRENTS SUIVANT LES SAISONS ET LES MOMENTS DE LA JOURNÉE

- Deux saisons : Hiver : de novembre à mars.
  - Été : d'avril à octobre.
- Chaque jour (y compris le dimanche) : Heures pleines pendant 16 heures.
  - Heures creuses pendant 8 heures

#### **AU TOTAL QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES:**

HI	/ER	ÉTÉ		
HEURES	HEURES	HEURES	HEURES	
PLEINES	CREUSES	PLEINES	CREUSES	

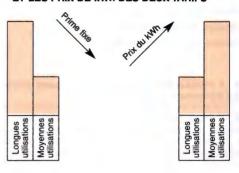




#### COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES

# HIVER ÉTÉ HEURES PLEINES CREUSES PLEINES (CREUSES

#### COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DE kWh DES DEUX TARIFS



#### TROIS VERSIONS TARIFAIRES AU CHOIX:

#### **Utilisations moyennes**

HI	VER	ÉTÉ		
	HEURES	HEURES	HEURES	
	CREUSES	PLEINES	CREUSES	

sans possibilité d'effacement de puissance.

#### **Utilisations longues**

	HIVER	ÉTÉ		
POINTE	HEURES	HEURES	HEURES	HEURES
	PLEINES	CREUSES	PLEINES	CREUSES

avec une possibilité d'effacement de puissance :

- soit en pointe,
- soit en pointe et heures pleines d'hiver,
- soit en hiver.

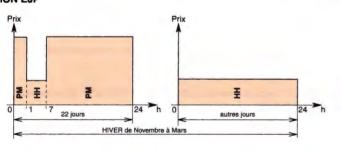
#### Effacement jours de pointe

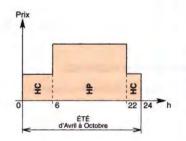
HI	VER	ÉTÉ		
POINTE	HEURES	HEURES	HEURES	
MOBILE	HIVER	PLEINES	CREUSES	

avec possibilité d'effacement de puissance :

- soit en pointe mobile,
- soit en hiver.

#### **OPTION EJP**





#### TABLEAU DES PRIX TARIF JAUNE (2005) OPTION BASE

Manatana	Prime fixe annuelle	Prix c	jie (cents	e (cents €/kWh)		
Versions	(€ par kVA)	HPH	HCE			
Utilisations longues	47,76	7,728	5,491	2,721	2,143	
Utilisations moyennes	15,84	11,297	7,583	2,857	2,280	
Dépassement en €/heure	10,77					

#### **OPTION EJP**

V1	Prime fixe annuelle	Prix o	le l'éner	gie (cents	€/kWh)		
Versions	(€ par kVA)	PM	НН	HPE HCE			
Utilisations longues	47,76	26,253	5,243	2,721	2,143		
Dépassement en €/heure	10,77			•			

HPH : Heures Pleines Hiver
HCH : Heures Creuses Hiver
HPE : Heures Pleines Été
HPE : Heures Pleines Été
HH : Heures Hiver





#### Électricité de France

EDF. R.C.S. PARIS B 552.081.317 N.I.T.V.A. FR 03.552.081.317

Facture sur relevé N° 02183 00024 DU 02/02/2006 Nom et adresse du lieu de consommation :

Votre service local: **EDF GDF SERVICES EDF ENTREPRISES LORCA BP 112** 

Nom et adresse du destinataire de la facture :

VILLERS LES NANCY CEDEX Tél. renseignements : 03 83 41 66 28 Tél. dépannage : 03 83 41 66 28

**EDF ENTREPRISE** 

MONTANT PRÉLEVÉ

À PARTIR DU

Notre référence :

051 02825 056059 00 12

(6 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5)

3 124

223,92 €

2 667

18/02/2006

ÉNERGIE ACTIVE EXEMPLE DE FACTURE EDF TARIF VERT

TOTAL

17.4.4.

**A5 COURTES** UTILISATIONS

TARIF VERT A5 COURTES UTILISATIONS CONTRAT SEUIL STANDARD	MONTANTS (€)		
PRIMES FIXES, REDEVANCES ET FRAIS DIVERS			
Prime fixe janvier (minorée de 4,0 % pour contrat de 6 ans)	67,20		
Dépassement HPH : 40 kW x 1,08	43,20		

	PUHT en cents d'€	-	Consommation en décompte <sup>5</sup>			Consommation accessoire <sup>2</sup>	Consommation enregistrée <sup>1</sup>	Période tarifaire
26,8	3,084	1 842		15	240		1 587	HPE
26,99	2,105	1 282		10	192		1 080	HCE

25

#### ÉNERGIE RÉACTIVE (en kVArh) FACTURÉE SUR LA BASE TANGENTE PHI = 0,40

432

Énergie réactive mesurée en P+HP		Tanger Secondaire				PUHT en cents d'€	
821	1 587	0,516	0,606	1 116	736	 1,754	

MINORATION (0,30%)-0.58**TOTAL GÉNÉRAL HORS TAXES** 193,62

#### **CALCUL DES TAXES**

TVA 5,50 % sur :

TVA 19,6 % sur :

TAXE DÉPARTEMENTALE : 2,30 % sur 30 % de 193,62 €

65,99 €

128,97 €

3,68 25,28

TOTAL TVA PAYÉE SUR LES DÉBITS

28,92

MONTANT PRÉLEVÉ EN EUROS

223.92

1,34

#### AUCUN ESCOMPTE N'EST ACCORDÉ POUR PAYEMENT ANTICIPÉ

Les rubriques précédées d'un \* ne sont pas soumises aux taxes locales, celles précédées de \*\* ne sont pas taxables

#### 21.5. LA COMPENSATION DE L'ÉNERGIE RÉACTIVE

## 21.5.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DE LA VALEUR D'UNE BATTERIE DE CONDENSATEURS EN VUE D'AMÉLIORER LE FACTEUR DE PUISSANCE

#### DONNÉES

#### La PUISSANCE RÉACTIVE entraîne :

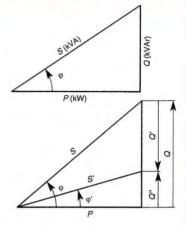
- une surcharge ou un surdimensionnement des installations (lignes,...)
- des pertes actives plus importantes dans les installations
- une augmentation des montants de la facture EDF

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

#### BESOIN

#### Nécessité d'améliorer le facture de puissance

- diminution de l'énergie réactive Q
- augmentation du cos @
- diminution de la puissance apparente
- diminution des pertes actives
- diminution des pénalités EDF
  - $\varphi$  = déphasage initial
  - $\varphi' = déphasage après amélioration$
  - Q = énergie réactive initiale
  - Q' = énergie réactive compensatrice
  - Q" = énergie réactive résiduelle améliorée
- L'énergie active moyenne consommée
- L'énergie réactive moyenne consommée
- Le facteur de puissance (cos φ) moyen
- Les factures EDF (pénalités).



#### Diagrammes des puissances

- Les caractéristiques des condensateurs d'amélioration du  $\cos \varphi$
- Le coût des condensateurs et de leur installation,
- Le bilan économique de l'opération.

#### EXEMPLES DE DÉTERMINATION D'UNE BATTERIE

ÉLÉMENTS

**DE CHOIX** 

(à prendre en

compte)

DE CONDENSATEURS

#### MÉTHODE GÉNÉRALE PAR LES CALCULS (POUR UNE INSTALLATION EXISTANTE)

- Faire l'examen des puissances actives et réactives consommées à chaque niveau de l'installation.
- Par des mesures à intervalles réguliers (toutes les demi-heures) au niveau du disjoncteur général :
   tensions U (U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>) intensités I (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> et I<sub>3</sub>) cosinus φ (φ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub> et φ<sub>3</sub>)
- Ces valeurs permettent de calculer, pour chaque période, les valeurs des puissances S, P et Q, ainsi que la tangente  $\omega$  de l'installation.

Puissance réactive 
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Tangente  $\varphi = \frac{Q}{P}$ 

- Exemple : puissance active calculée : 110 kW

tan  $\varphi$  calculée = 1, tan  $\varphi$  souhaitée = 0,3  $\Rightarrow$  cos  $\varphi$  souhaité = 0,987

Puissance réactive des condensateurs à installer

$$Q = P \text{ (tan } \varphi - 0.3) = 110 \text{ (1 - 0.3)} = 77 \text{ kVAr soit } \boxed{Q = 80 \text{ kVAr}}$$

### - MÉTHODE SIMPLIFIÉE PAR LECTURE D'ABAQUES ET TABLEAUX (POUR UNE INSTALLATION EXISTANTE)

- Faire l'examen des puissances actives et réactives consommées à chaque niveau de l'installation.
   (tableau § 21.5.2. Facteur de puissance des appareils les plus courants.)
- Le tableau § 21.5.5. (Puissance des condensateurs kVAr par kW de charge) permet de déterminer directement la valeur de la batterie de condensateurs à installer.

## - MÉTHODE GÉNÉRALE PAR LES CALCULS, LES ABAQUES ET LES TABLEAUX (POUR UN AVANT-PROJET)

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{1}{1 + \tan^2 \varphi}$$

- Conversion des tan  $\varphi$  en cos  $\varphi$  et réciproquement (§ 21.5.5.).
- Facteur de puissance des appareils les plus courants (§ 21.5.2.).
- Estimation des pertes actives par mètre de câble (§ 21.5.3.).
- Puissance des condensateurs en kVAr à installer par kW de charge pour relever les cos  $\varphi$  (§ 21.5.5.).

**Note** : On considère qu'il faut relever le facteur de puissance à cos  $\varphi$  = 0,93 pour supprimer les pénalités et compenser les pertes usuelles en énergie réactive de l'installation.

	appareil		cos φ	tan $\varphi$	coefficients k $\varphi = 1/\cos \varphi$
<ul> <li>moteur asynchrone ordinaire</li> </ul>	chargé à	0 % 25 % 50 % 75 % 50 %	0,17 0,55 0,73 0,80 0,85	5,80 1,52 0,94 0,75 0,62	5,88 1,81 1,37 1,25 1,175
– lampes à inca – lampes à fluor – lampes à fluor – lampes à décl	escence non co escence compe		≃ 1 ≈ 0,5 0,93 0,4 à 0,6	= 0 = 1,73 0,39 2,29 à 1,33	1 2 1,075 2,5 à 1,66
<ul> <li>fours à résista</li> <li>fours à inducti</li> <li>fours à chauffa</li> </ul>	on avec compe	nsation intégrée	≈ 1 ≈ 0,85 ≈ 0,85	≃ 0 ≃ 0,62 0,62	1 1,175 1,175
– machine à sou	uder à résistanc	е	0,8 à 0,9	0,75 à 0,48	1,25 à 1,10

## 21.5.3. ESTIMATION DES PERTES ACTIVES PAR MÈTRE DE CÂBLE POUR UNE DURÉE D'UTILISATION DE LA PUISSANCE DE 2 500 h (1)

 $\approx 0.5$ 

0.8

0.7 à 0.9

0.7 à 0.8

- 1.73

0,75

1.02 à 0.48

1.02 à 0.75

2

1.25

1.42 à 1.10

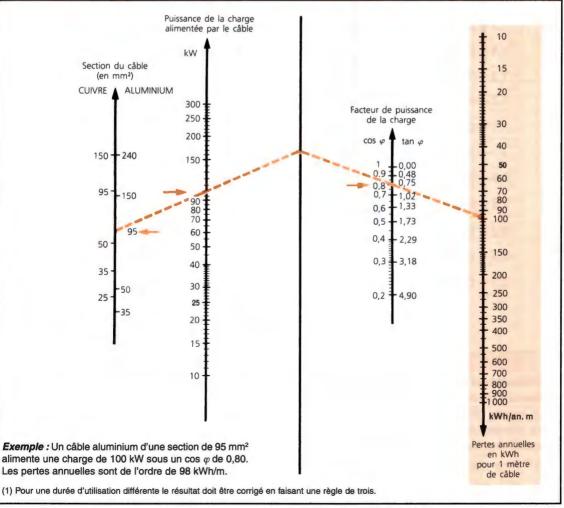
1.42 à 1.25

- postes statiques monophasés de soudage à l'arc

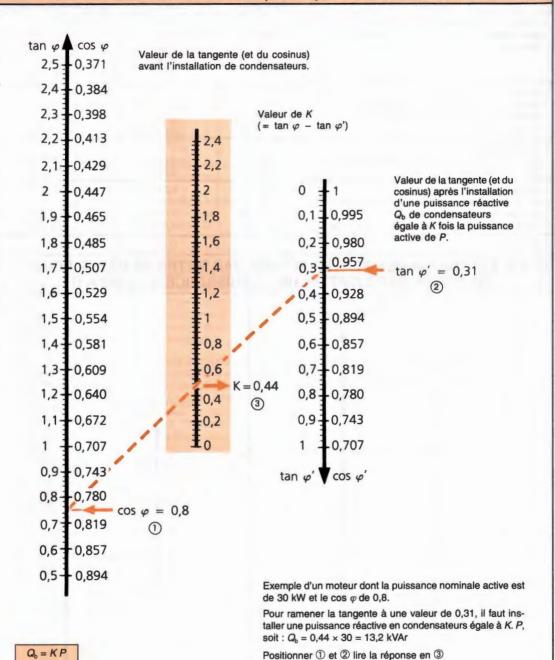
- transformateurs-redresseurs de soudage à l'arc

- groupes rotatifs de soudage à l'arc

- fours à arc



## 21.5.4. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DES CONDENSATEURS À INSTALLER POUR PASSER DE tan $\varphi$ à tan $\varphi$ POUR UNE PUISSANCE ACTIVE P



#### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS PAR LE CALCUL

Puissance active du moteur : 30 kW à cos  $\varphi$  de 0,8  $\Longrightarrow$  tan  $\varphi$  : 0,75

tan ø souhaité: 0,31

cos φ' souhaité correspondant : 0,957

Puissance des condensateurs à installer :  $Q_b$ 

 $Q_b = P (\tan \varphi - \tan \varphi') = 30 (0.75 - 0.31) = 13.2 \text{ kVAr}$ 

#### 21.5.5. PUISSANCE RÉACTIVE KVAR À INSTALLER PAR KW POUR ÉLEVER LE FACTEUR DE PUISSANCE

 Les condensateurs améliorent le FACTEUR DE PUISSANCE uniquement sur la partie de l'installation située en amont de leur point de raccordement, ils seront répartis au plus près des principaux appareils consommateurs d'énergie réactive.

avant		puissan	ce du co	ndensate						relever					a tan φà
compe	nsation		eur donn												
		tan $\varphi$	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
tan q	cos φ	cos q	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40		1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41		1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
2,16	0,42		1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43		1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44		1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45		1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46		1,179	1,330	1,446	1,475	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,577	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47		1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48		1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49		1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50		0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51		0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52		0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53		0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54		0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55		0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56		0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57		0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58		0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59		0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60		0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76		0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,76		0,103	0,233	0,345	0,399	0,420	0,434	0,492	0,520	0,538	0,504	0,620	0,687	0,829
	0,77		-,-			0,347	0,400		0,440	0,300				0,661	0,803
0,80	0,78	-	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,634	0,803
			0,020			0,320		0,355			0,459	0,323	0,541	0,608	0,770
0,75	0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,333	0,387	0,421	0,433	0,499	0,541		
0,72	0,81			0,124						0,395				0,582	0,724
0,70	0,82			0,083	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83	-	A11.0	0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,385	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

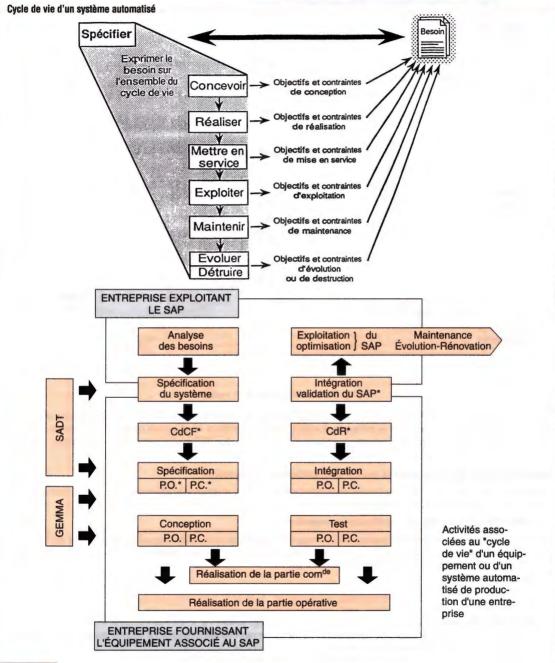
## 21.6. GUIDE DE CHOIX D'UNE INSTALLATION DES CONDENSATEURS

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

APTITUDES	PRINCIPE			
TYPE		INTÉRÊT	DEMARQUES	
1			REMARQUES	SCHÉMA
COMPENSATION AUTOMATIQUE	Installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du cos φ est détectée par un relais varmétrique.	Permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite ainsi le renvoi d'énergie réactive sur le réseau EDF et les surtensions sur les circuits d'éclairage en marche à faible charge.	Règles pratiques :  - si la puissance des condensateurs est < 15 % de la puissance du transformateur, choisir des condensateurs fixes ;  - si la puissance des condensateurs est > 15 % de la puissance du transformateur, choisir les condensateurs à régulation automatique.	récepteurs compensation automatique à 2 gradins
COMPENSATION GLOBALE	La batterie est rac- cordée en tête d'ins- tallation et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation. Elle reste en ser- vice de façon per- manente pendant la marche normale de l'usine.	Dimensionnement faible de la batterie. Amortissement rapide, de plus:  - supprime les pénalités (tarif VERT);  - diminue la puissance apparente en l'ajustant aux besoins réels (tarif JAUNE);  - soulage le poste de transformation.	- Le courant réactif est présent au niveau 1 jusqu'aux récepteurs Les pertes par effet joule dans les câbles situés en aval et leur dimensionnement ne sont pas de ce fait diminués Lorsque la charge est stable et continue, une compensation globale convient.	© ************************************
COMPENSATION PARTIELLE	La batterie est rac- cordée au tableau de distribution et fournit l'énergie ré- active par atelier à un groupe de récep- teurs. Une grande partie de l'installation est soulagée, en parti- culier les câbles d'alimentation de chaque atelier.	- Supprime les péna- lités (tarif VERT) Soulage le poste de transformation Optimise une par- tie du réseau, le cou- rant réactif n'étant pas véhiculé entre les niveaux 1 et 2.	Le courant réactif est présent du niveau 2 jusqu'aux récepteurs.     Les pertes par effet joule dans les câbles sont ainsi diminuées.     Risque de surcompensation par suite des variations de charge importantes.     Solution conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des régimes de charge différents dans les ateliers.	
COMPENSATION LOCALE	La batterie est rac- cordée directement à chaque récepteur de type inductif. La puissance de la batterie est≈ 25 % de la puissance du moteur. Un complément en tête de l'installation n'est pas à exclure (transformateur).	- Supprime les pénalités Soulage le poste de transformation Diminue le dimensionnement des câbles et réduit les pertes par effet joule.	- Le courant réactif n'est plus présent dans les câbles de l'installation Solution conseillée lorsque la puissance de certains récepteurs est importante par rapport à la puissance totale C'est la solution qui présente le plus d'avantages.	

## 22. LES COMMANDES DE SYSTÈMES

#### 22.1. STRUCTURATION DES SYSTÈMES AUTOMATISÉS



GRAFCET : Le grafcet se situe pratiquement à toutes les étapes du cycle de vie d'un système.

#### \* Légende :

 SAP
 : Systèmes Automatisés de Production
 PO : Partie opérative

 CdCF
 : Cahier des Charges Fonctionnel
 PC : Partie commande

CdR : Cahier de Recette

## 22.2. LE GRAFCET (GRAPHE COMMANDE ÉTAPE/TRANSITION) (NFC 03-190) EN 60848 : 2002

## 22.2.1. LANGAGE DE SPÉCIFICATION GRAFCET POUR DIAGRAMMES FONCTIONNELS EN SÉQUENCE

#### Principes généraux.

#### - Contexte

La réalisation d'un système automatisé requiert, notamment, une description liant les effets aux causes. Pour cela on décrira l'aspect logique du comportement souhaité du système.

Le GRAFCET a pour objet de spécifier le comportement de la partie séquentielle des systèmes (Fig. 1)

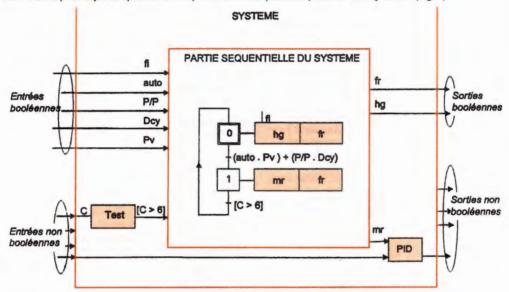


Fig. 1 - Partie séquentielle du système

**Note** : La partie séquentielle du système est caractérisée par ses variables d'entrée, ses variables de sortie et son comportement. Cette partie séquentielle ne comporte que des variables d'entrées et de sorties booléennes, toutefois le langage de spécification **GRAFCET** permet par extension (exemple : évaluation d'un prédicat\* ou affectation d'une valeur numérique à une variable) de décrire le comportement de variables non booléennes

#### Représentation graphique de la partie séquentielle d'un système.

\* **Prédicat**: prédir les états futurs des sorties en fonction de l'état actuel des variables d'entrées à un instant donné (ne s'applique que dans le cas des systèmes séquentiels).

#### - Le GRAFCET, un langage de spécification comportementale :

Dans le **GRAFCET** plusieurs étapes peuvent être actives simultanément, la situation étant alors caractérisée par l'ensemble des étapes actives à l'instant considéré. Les conditions d'évolution d'un ensemble d'étapes vers un autre sont alors portées par une ou plusieurs transitions, caractérisées chacune par :

- ses étapes en amont,
- ses étapes en aval,
- sa réceptivité associée.

#### - GRAFCET, présentation sommaire :

Le **GRAFCET** est utile pour concevoir des grafcets donnant une représentation graphique et synthétique du comportement des systèmes. La représentation *(Fig. 2)* distingue :

- la structure, qui permet de décrire les évolutions possibles entre les situations,
- l'interprétation, qui fait la relation entre les variations d'entrées, la structure et les variables de sorties (des règles d'évolution, d'assignation et d'affectation sont nécessaires pour réaliser cette interprétation).

#### Événements internes.

— Seuls certains événements d'entrée peuvent se produire à partir d'une situation donnée. La conjonction d'une situation et d'un événement d'entrée pouvant se produire à partir de celle-ci s'appelle un événement interne. Cette notion est principalement utilisée par le spécificateur pour conditionner une affectation de sortie à un ensemble d'événements internes.

#### Modes de sortie.

 Les actions permettent d'établir le lien entre l'évolution du grafcet et les sorties. Deux modes de sortie, mode continu ou mode mémorisé, décrivent comment les sorties dépendent de l'évolution et des entrées du système.

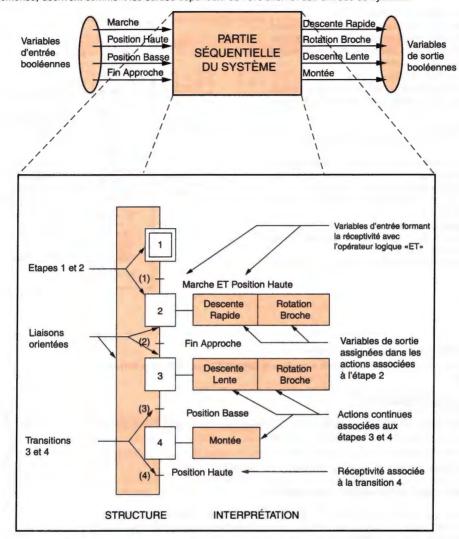


Fig. 2 – Éléments de structure et d'interprétation utilisés dans un grafcet pour décrire le comportement de la partie séquentieile d'un système défini par ses variables d'entrée et de sortie.

#### Application des règles d'évolution.

- L'interprétation intuitive de l'évolution, dite « pas à pas », désigne la démarche progressive qui permet, sur occurrence d'un événement d'entrée et à partir de la situation antérieure, de déterminer, par application successive des règles d'évolution sur chaque transition, la situation postérieure à l'événement considéré. Cette facilité d'interprétation est un artifice autorisant une spécification indirecte de l'évolution, mais le spécificateur doit prendre garde au fait que le franchissement des transitions situées sur ce chemin n'implique pas l'activation effective des situations intermédiaires.
- \*Évolution fugace : évolution caractérisée par le franchissement de plusieurs transitions successives à l'occurrence d'un unique événement d'entrée.
- \*Transition : élément du langage GRAFCET, une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes.

Note: cette évolution possible s'accomplit par le franchissement de la transition.

 - \*Réceptivité : élément du langage GRAFCET associé à une transition, la réceptivité exprime le résultat d'une expression booléenne.

Note: une réceptivité est soit vraie, soit fausse.

#### Éléments de base.

- Le GRAFCET est un modèle de représentation des systèmes logiques. C'est un diagramme fonctionnel qui décrit l'évolution séguentielle (par étape) des processus automatisés.
- Il est composé d'un ensemble :
  - d'étapes qui caractérisent un comportement invariant d'une partie ou de la totalité du système.
     Suivant l'évolution du processus, chaque étape peut être active (\*) ou inactive
  - d'actions associées aux étapes :

Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que les étapes auxquelles elles sont associées sont actives.

#### - de transitions :

Elles indiquent la possibilité d'évolution entre étapes.

Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.

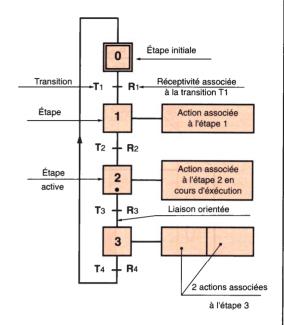
- de réceptivités associées aux transitions :

Ce sont des propositions logiques; vraies (= 1), fausses (= 0)

#### - de liaisons orientées :

Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

Elles précisent le sens de lecture (haut vers le bas).



#### Règles fondamentales d'évolution du processus.

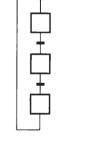
 Les règles précisent les conditions dans lesquelles le GRAFCET évolue (étapes actives ou inactives)

#### Première règle : initialisation

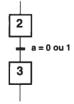
- La situation initiale du GRAFCET caractérise l'état dans lequel se trouve la partie opérative au début du fonctionnement de la partie commande
- Elle correspond aux étapes actives à l'initialisation.
- L'étape initiale est représentée sur le GRAFCET par un double carré.

#### Deuxième règle : franchissement d'une transition

- Le franchissement d'une transition ne s'effectue que lorsque cette transition est validée, c'està-dire lorsque l'étape précédente est active et que la condition de transition (réceptivité) associée à cette étape est vraie.
- Lorsque ces deux conditions d'évolution sont réunies, la transition devient franchissable et est alors obligatoirement franchie.

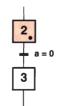


Étape initiale



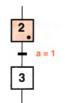
#### Transition non validée

La transition 2 →3 est non validée car l'étape 2 est inactive.



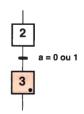
#### Transition validée

La transition 2 →3 est validée (étape 2 active) mais elle n'est pas franchissable (a = 0).



#### Transition franchissable

La condition de transition est vraie (a = 1). La transition devient franchissable.



#### Transition franchie

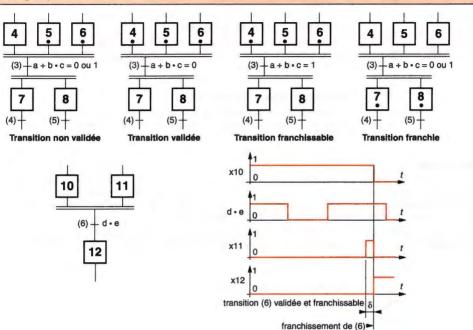
Le franchissement de la transition entraîne l'activation de l'étape 3 et la désactivation de l'étape 2.

#### Troisième règle : évolution des étapes actives

Le franchissement provoque simultanément :

- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,
- et l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

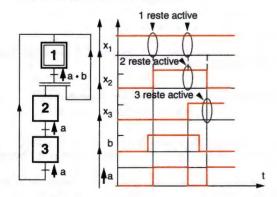
#### Quatrième règle : plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies



chronogramme d'évolution possible du GRAFCET

Cinquième règle : Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée alors elle reste active.

Note: Le front montant d'une variable logique, qui se note par le « † » devant une variable booléenne, indique que ce front montant n'est vrai qu'au passage de la valeur 0 à la valeur 1 de la variable concernée. Le front descendant d'une variable logique, qui se note par le « ↓ » devant une variable booléenne, indique que ce front descendant n'est vrai qu'au passage de la valeur 1 de la variable concernée.

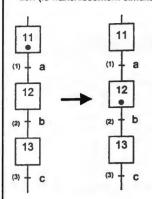


#### Événements d'entrée

- Les règles d'évolution montrent que, seul un changement des valeurs des variables d'entrée, est susceptible de provoquer l'évolution d'un grafcet. Ce changement, appelé « événement d'entrée » doit être défini par la valeur antérieure et la valeur postérieure de toutes les variables d'entrées pour caractériser cet événement unique. Dans la pratique, on ne spécifie que des ensembles d'événements d'entrée caractérisés par le changement d'état (front montant ou front descendant) d'une ou plusieurs variables booléennes d'entrée.

#### Évolution non fugace

Dans le cas général, l'évolution est non fugace, c'est-à-dire que l'événement d'entrée ne provoque qu'un seul pas d'évolution (le franchissement simultané d'une ou plusieurs transitions)



#### Exemple : « Évolution non fugace »

Situation antérieure : étape 11 active, a = 0, b = 0 et c = 0.

#### Interprétation intuitive de l'évolution :

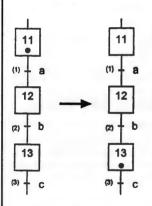
Le changement de valeur de « a » provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation de l'étape 12, la transition (2) n'est pas franchissable car b = 0, donc la situation postérieure est : étape 12 active.

#### Interprétation vraie de l'évolution :

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 12 active.

#### - Évolution fugace

- Dans certains cas, l'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement des transitions (en plusieurs pas d'évolution) si les réceptivités associées aux transitions postérieures sont déjà vraies lors du franchissement de la ou des premières transitions considérées. L'évolution correspondante, dite fugace, utilise le chemin parcouru pour indiquer comment on passe d'une situation antérieure à une situation postérieure.
- Les étapes intermédiaires correspondantes, dites étapes instables, ne sont pas activées, mais on considère qu'elles ont été « virtuellement » activées et désactivées le long du chemin d'évolution intuitive, et de même que les transitions correspondantes ont été « virtuellement » franchies.



#### Exemple : « Évolution fugace »

Situation antérieure : étape 11 active, a = 0, b = 1 et c = 0.

#### Interprétation intuitive de l'évolution :

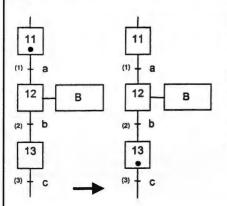
Le changement de valeur de « a » provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation virtuelle de l'étape 12, la transition (2) est ensuite **virtuellement** franchie, car b = 1, pour aboutir à la situation postérieure : **étape 13 active**.

#### Interprétation vraie de l'évolution :

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

#### - Conséquence d'une évolution fugace sur les assignations

 L'assignation d'une valeur de sortie par une action continue associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, n'est pas effective puisque l'étape n'est pas réellement activée.



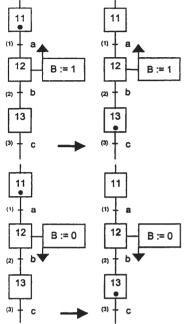
#### Exemple : « Action continue associée à une étape instable »

Situation antérieure : étape 11 active, a = 0, b = 1 et c = 0.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

La situation antérieure (étape 11 active) et la situation postérieure (étape 13 active) assignent à la valeur 0 la variable de sortie B. L'étape instable 12 n'étant pas réellement activée, l'assignation à la valeur 1 de B n'est pas effective au cours de cette évolution fugace.

- Conséquence d'une évolution fugage sur les affectations.
- L'affectation à une valeur déterminée d'une sortie par une action mémorisée (symbole 26) associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, est effective puisque cette affectation est associée aux événements déclenchant cette évolution



#### Exemple 1 : « Action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable » Situation antérieure : étape 11 active. a = 0, b = 1 et c = 0.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

L'affectation de la valeur 1 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence l'activation réelle ou virtuelle de l'étape 12.

#### Exemple 2 : « Action mémorisée associée à la désactivation d'une étape instable »

Situation antérieure : étape 11 active, a = 0, b = 1 et c = 0.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1 conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

L'affectation de la valeur 0 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence la désactivation réelle ou virtuelle de l'étape 12.

#### - Comparaison entre les deux modes de sortie

 Le choix du mode de sortie dépend des habitudes et des méthodologies, toutefois l'attention des spécificateurs est attirée sur les importantes différences entre les deux modes.

#### - Détermination de la valeur des sorties

- En mode continu, toutes les sorties sont assignées selon la situation, à la valeur vraie pour les sorties désignées explicitement dans les actions associées aux étapes actives, à la valeur fausse pour les autres qui sont désignées implicitement par omission (voir règle à assignation)
- En mode mémorisé, seules les sorties affectées sont modifiées à la valeur indiquée, les valeurs des autres sorties mémorisées restent inchangées (voir règle d'affectation).

#### - Analyse de la valeur des sorties d'un grafcet à un instant donné

- En mode continu, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées suffit pour déterminer la valeur des sorties.
- En mode mémorisé, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées ne suffit pas, il faut connaître également les évolutions antérieures pour déterminer la valeur des sorties.

#### - Actions relatives à une évolution fugace

- En mode continu, les actions associées à une étape instable ne sont pas prises en compte car cette étape n'est pas activée.
- En mode mémorisé, les actions associées à des événements correspondant à une évolution fugace sont prises en compte car les événements déclenchant cette évolution se produisent.

#### - Conflit éventuel sur la valeur des sorties

- En mode continu, les principes de l'assignation permettent d'éviter tout conflit d'assignation sur une même sortie.
- En mode mémorisé, les principes de l'affectation ne permettent pas d'éviter les éventuels conflits d'affectation sur une même sortie. Le spécificateur doit alors s'assurer lui-même que deux affectations contradictoires ne peuvent pas se produire simultanément.

#### 22.2.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES ÉLÉMENTS

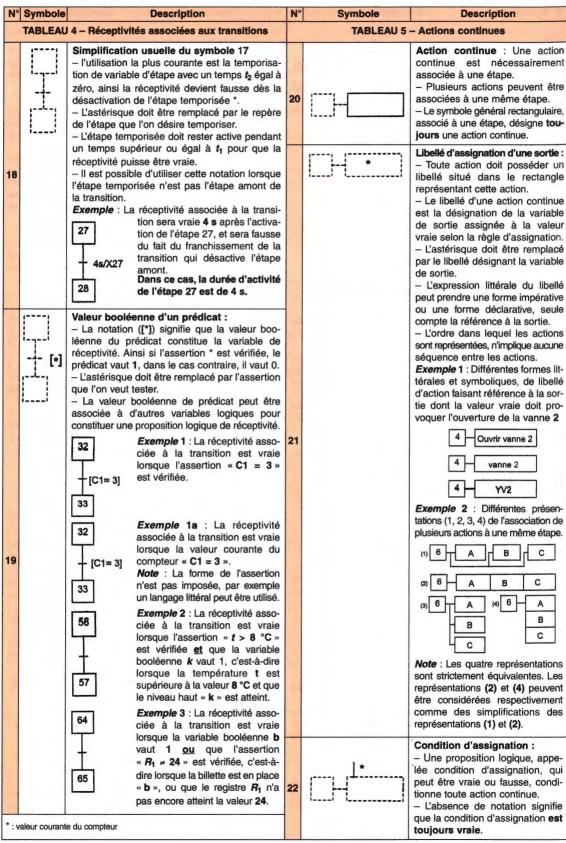
Les éléments du GRAFCET possèdent une représentation symbolique qui permet, en les associant correctement, de réaliser des diagrammes fonctionnels clairs et synthétiques.

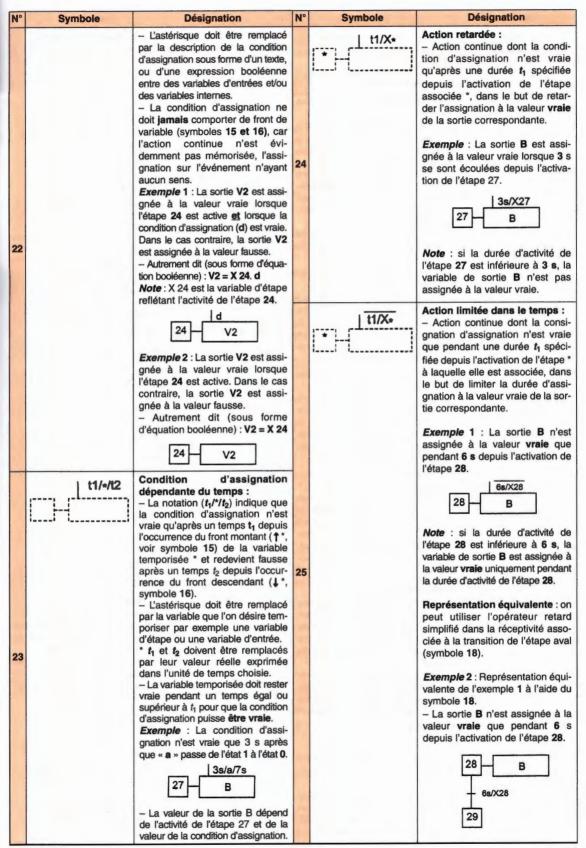
Note 1 : Seule la représentation globale des symboles est imposée, les dimensions et les éléments de détail (épaisseur des traits, police de caractère, etc.) sont laissés libres aux utilisateurs.

Note 2 : Les représentations en trait pointillé indiquent le contexte du symbole.

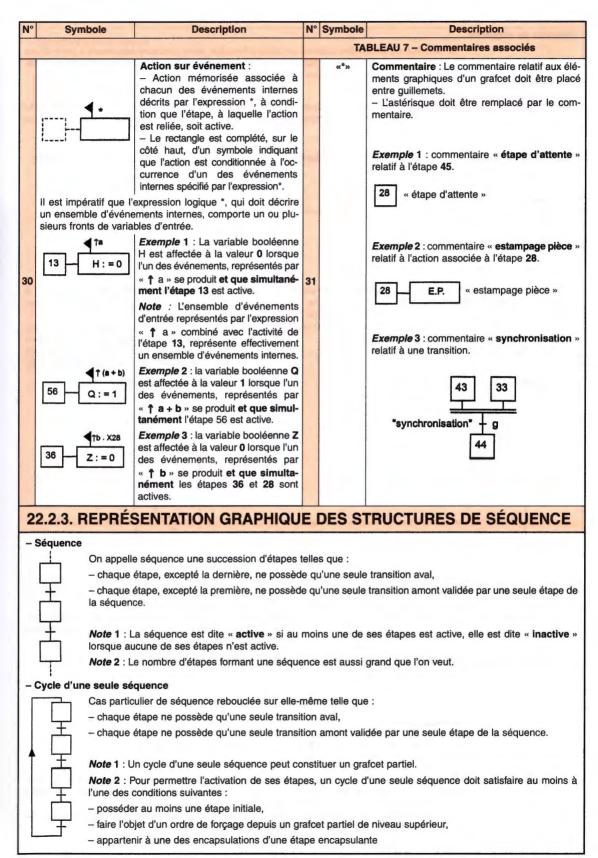
N°	Symbole	Description	N°	Symbole Description
_		TABLEAU 1 – Étapes		A LI
1	*	Étape 2 : « Étape 2 »  Exemple 2 : « Étape 3 active »		Synchronisation en amont et/ou aval d'une transition : Lorsque plusieurs étapes sont reliées à une même transition, les liaisons orien tées d'entrée et/ou de sortie de ces étapes sont regroupées er
2	Х*	Variable d'étape : l'Etat actif ou inactif d'une étape peut être représenté par 1 ou 0 dans laquelle * doit représenter le repère de l'état considéré.  Exemple : « variable d'étape de l'étape 8 » X 8		amont ou en aval par le symbole de synchronisation représenté pa deux traits parallèles horizontaux.  Exemple 1:  - Transition d'une étape (12) vers plusieurs (13, 23, 33).  - La transition (8) est validée
3	*	Étape initiale :  - Les règles du symbole 1 sont applicables  - Une étape initiale peut être « instable »  Exemple : « étape initiale 12 »	9	lorsque l'étape (12) est active.  Exemple 2:  Transition de plusieurs étapes (18, 34, 45) vers l'étape (12)  La transition (6) n'est validée que lorsque toutes les étapes
4	*	<ul> <li>Étape encapsulante : contient d'autres étapes dites encapsulées.</li> <li>Les règles des symboles 1 sont applicables</li> <li>Propriétés et exemples d'utilisation de l'étape encapsulante voir tableau 10.</li> </ul>		amont sont actives  Exemple 3:  Transition de plusieurs étapes (14, 28, 35) vers plusieurs étapes (15, 29, 36, 46)  La transition (14) n'est validée que lorsque toutes les étapes
5	*	Étape encapsulante initiale :  - Elle contient, au moins, une étape encapsulée initiale.		amont sont actives.  TABLEAU 3. Liaisons orientées
6	M*	Macro-étape: Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée expansion de la macro-étape.  - Propriétés et exemples d'utilisation de la macro-étape voir tableau 11.		Liaison orientée de haut en bas :  - Les voies d'évolution entre les étapes sont indi quées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.  - Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises pour plus de clarté au diagramme.  - Les croisements de liaisons verticales et hori-
		TABLEAU 2 - Transitions		zontales sont admis, s'il n'existe aucune relation
7		Transition entre deux étapes : représentée par un trait perpendiculaire aux liaisons joignant deux étapes.  La transition est validée lorsque l'étape amont est active.  Il est possible de placer des transitions sur	10	entre ces liaisons.  Exemple: Les trois représentations ci-dessous sor admises, mais les (2) et (3) sont recommandées.
		des segments de liaison horizontaux.		61 62 63
8	*)	Repère de transition : La transition peut comporter un repère, placé généralement à sa gauche, qu'il ne faut pas confondre avec la réceptivité associée à la transition.  - L'astérisque doit être remplacé par le repère alphanumérique de la transition.		(2) 57 (3) 57 61 62 63 61 62 63

N°	Symbole	Description	N°	Sy	mbole	Description
		TABLEAU 3 – Liaisons orientées				
11		Liaisons orientées de bas en haut :  — Par convention le sens d'évolution est tou- jours du haut vers le bas.  — Des flèches peuvent être utilisées si cette convention n'est pas respectée ou si leur pré- sence peut apporter une meilleure compréhen- sion.			toute propo variable élé	ptation est générale et s'applique a position logique, qu'il s'agisse d'une émentaire ou d'une combinaison de ariables booléennes.  Exemple 1: La réceptivité asso ciée à la transition n'est vraie que lorsque « a » passe de l'état 0 a l'état 1.  Note: En application de la règle
12		Repère de liaison : Lorsqu'une liaison orientée doit être interrompue (par exemple dans le cas d'une représentation sur plusieurs pages), le repère de l'étape de destination ainsi que le repère de la page à laquelle elle apparaît, doivent être indiqués.  14  - Réceptivités associées aux transitions	liaison orientée doit être interrompue (par exemple dans le cas d'une représentation sur plusieurs pages), le repère de l'étape de destination ainsi que le repère de la page à laquelle elle apparaît, doivent être indiqués.  Etape 83  TABLEAU 4 – Réceptivités associées aux transitions		3 +a+↑b	d'évolution N° 2, la transition n'es franchie que sur un front montar de (a) postérieur à la validation de transition par l'activité d'étape 3.  Exemple 2: La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque « a » est vraie ou qu « b » passe de l'état 0 à l'état 1.
-	IABLEAU				Front desc	endant d'une variable logique :
13	*	Réceptivité associée à une transition:  Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être vraie ou fausse, est associée à chaque transition.  S'il existe une variable logique correspondante, elle est égale à 1 quand la réceptivité est est vraie et égale à 0 quand la réceptivité est fausse.  La proposition logique formant la réceptivité est constituée d'une ou plusieurs variables (variable d'entrée, variable d'étape, valeur d'un prédicat).  L'astérisque doit être remplacé par la description de la réceptivité associée à la transition sous forme d'un texte, d'une expression booléenne, ou à l'aide de symboles graphiques.  Portillon fermé (a) et (pas de pression (b) ou présence pièce (c))  Poscription de la réceptivité par un texte  Exemple 1:  Réceptivité par un texte  Exemple 2:  Réceptivité décrite par une expression booléenne.	16	\$1\tau\tau\tau\tau\tau\tau\tau\tau\tau\tau	- La notati n'est vraievariable * valeur 1 à l - Cette no toute propor variable élé plusieurs valeur sur sur sur sur sur sur sur sur sur s	ion (1) indique que la réceptivité qu'au changement d'état de la (front descendant : passage de la a valeur 0). tation est générale et s'applique à position logique, qu'il s'agisse d'une mentaire ou d'une combinaison de ariables booléennes.  Exemple: La réceptivité associée à la transition n'est vraie que
14	<b>1</b>	Réceptivité toujours vraie :  - La notation (1) indique que la réceptivité est toujours vraie.  - Note : Dans ce cas, l'évolution est dite toujours fugace, le franchissement de la transition n'est conditionné que par l'activité de l'étape amont.			- Note : Ce	ette notation est celle de l'opérateu fini par la CEI 60617-12
15	<b>I</b>	Front montant d'une variable logique :  - La notation (†) indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front montant : passage de la valeur 0 à la valeur 1).			n'est vraie l'état <b>0</b> à l'é	_a réceptivité associée à la transition que 3 s après que « a » passe de état 1, elle ne redevient fausse que ue « a » passe de l'état 1 à l'état 0.

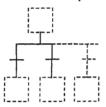




N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
dé	crit <b>comment</b> la variab terminée selon la règle				Action à la désactivation :  - Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour consé-
	TABLEAU 6	: Actions mémorisées			quence la désactivation de l'étape liée à cette action.
	+ := #	Affectation de la valeur # à une variable * :  — Le libellé indique, dans une action mémorisée, la mise en valeur # d'une variable *, lorsque l'un des éléments associés à l'action se produit.  — L'action mémorisée supportant cette affectation doit obligatoirement être associée à la description d'événements internes (symboles 27 à 30).  — L'affectation peut être décrite de manière littérale à l'intérieur du restangle d'action.	28		- Le rectangle est complété, au côté gauche, d'une flèche symbolisant la désactivation de l'étape.  Exemple:  - La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements, conduisant à la désactivation de l'étape 24, se produit.
26		rectangle d'action.  Exemple 1 : Mise à la valeur vraie d'une variable booléenne A.  Le libellé A := 1	29		Action au franchissement:  - Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement où la transition à laquelle l'action est reliée.  - Le rectangle est complété par un trait oblique reliant l'action à la transition.  Exemple 1: La variable booléenne J est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition 4, se produit.  Note 1: On ne peut obtenir aucun effet équivalent en associant une action à l'activation de l'étape 13 ou une action à la désactivation de l'étape 24.
27		Action à l'activation :  — Une action à l'activation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape liée à cette action.  — La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant l'activation de l'étape.  Exemple:  — La variable booléenne B est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, conduisant à l'activation de l'étape 37, se produit.			Exemple 2 : La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition 41, se produit.  Note 2 : On peut obtenir un effet équivalent en associant une action identique à l'activation des étapes 51, 52, 53 ou 54.



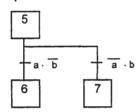
#### Sélection de séquence.



La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes. Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

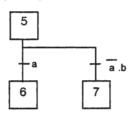
Note: L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle. Pour l'obtenir, le spécificateur doit s'assurer soit de l'incompatibilité mécanique ou temporelle des réceptivités, soit de leur exclusion logique.

#### - Séquence exclusion



Exemple 1 : l'exclusion entre les séquences est obtenue par l'exclusion logique des deux réceptivités, si « a » et « b » sont simultanément vraies lorsque l'étape 5 est active, aucune des transitions n'est franchissable.

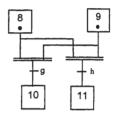
#### - Séquence prioritaire



Exemple 2 : Séquence prioritaire

Dans cet exemple, une priorité est donnée à la transition 5/6, qui est franchie lorsque « a » est vraie.

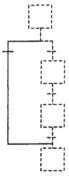
#### - Sélection entre deux évolutions :



**Exemple 3** : Sélection de séquence à partir d'une synchronisation de deux séquences amont.

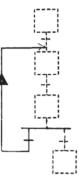
La sélection des séquences aval, par **g et h**, n'est possible que lorsque les deux transitions sont validées par l'activité simultanée des étapes **8 et 9** (symbole **9**).

#### Saut d'étapes



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet soit de parcourir la séquence complète soit de sauter une ou plusieurs étapes de la séquence lorsque par exemple, les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

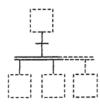
#### Reprise de séquence



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que, par exemple, une condition fixée soit obtenue.

**Note**: Il est possible, pour des raisons de représentation graphique, de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux (note 3 du symbole 7).

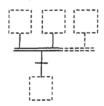
#### Activation de séquences parallèles



Le symbole 9 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'activation simultanée de plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes.

**Note** : Après leur activation simultanée, l'évolution des étapes actives dans chacune des séquences parallèles devient alors indépendante.

#### Synchronisation de séquences



Le symbole 9 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant d'activer la séquence aval.

**Note** : La transition n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

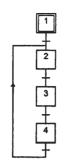
#### - Structures particulières :

#### Début de séquence par une étape source

 Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont.

Note 1 : Pour permettre l'activation de l'étape source, il convient de satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes :

- que l'étape source soit initiale,
- que l'étape source fasse l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)
- que l'étape source soit l'une des étapes activées d'une encapsulation (tableau 10)



#### Exemple : Étape source initiale :

L'étape source initiale 1 n'est active qu'à l'initialisation, les étapes 2, 3 et 4 forment un cycle d'une seule séquence.

**Note 2**: Seule la structure du grafcet est représentée, son interprétation n'est pas décrite.

#### - Fin de séquence d'une étape puits.

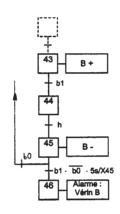


 Une étape puits est une étape qui ne possède aucune transition aval.

Note 1 : La désactivation de l'étape puits n'est possible que par l'un des deux moyens suivants :

- ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)
- la désactivation de l'étape encapsulante si l'étape puits y est encapsulée (tableau 10).

**Note 2** : Il est possible qu'une étape soit à la fois source et puits, elle forme alors une séquence d'une seule étape utilisable pour exprimer un comportement combinatoire.



#### - Exemple : Étape puits :

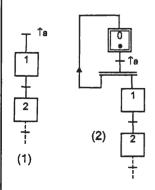
- L'étape puits 46 n'est activée que si la condition « b1 . b0 » est vérifiée 5 s après l'activation de l'étape 45.
- La sortie « **alarme** » vérin **B** est alors assignée à la valeur vraie.

#### - Début de séquence par une transition source



Une **transition source** est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la **transition source** est toujours validée et est franchie dès que sa réceptivité \* est vraie.

Note 1 : L'activation de l'étape aval d'une **transition source** est effective aussi longtemps que sa réceptivité associée reste vraie, indépendamment de l'état des réceptivités des transitions validées par cette étape (règle d'évolution N° 5 § 22.2.1.). Pour éviter une activation continue de l'étape aval de la **transition source**, il est souhaitable que la réceptivité associée ne soit vraie que lorsqu'un événement d'entrée ou un événement interne se produit. Pour cela, il convient que l'expression logique formant la réceptivité comporte toujours un front de variables d'entrée.



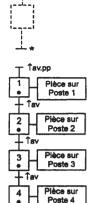
#### Exemple: Transition source et structure équivalente:

Les représentations (1) et (2) décrivent un comportement équivalent : l'étape 1 est activée chaque fois que la variable booléenne « a » passe de la valeur 0 à la valeur 1. La représentation (1) utilise la transition source, la représentation (2) utilise le symbole de synchronisation et un rebouclage pour maintenir l'étape initiale 0 active.

Note 2 : Le point dans l'étape 0 indique que cette étape reste active.

#### - Fin de séquence par une transition puits.

Une transition puits est une transition qui ne possède aucune étape aval.



Note 1 : Lorsque la transition puits est validée et que sa réceptivité associée \* est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver les étapes amont.

Exemple: structure de registre à décalage.

La structure d'un registre à décalage est une utilisation pertinente d'une **transition source** et d'une **transition puits**. Dans l'exemple, chaque étape active représente la présence d'une pièce sur le poste correspondant. La présence d'une pièce (**pp**) à l'entrée et l'avance du transfert entre postes (**† av**) active l'étape **1** par le franchissement de la transition source. À chaque occurrence de l'avance du transfert (**† av**), les transitions validées sont simultanément franchies, y compris le **transition puits** en aval de l'étape **4**.

Note 2 : La représentation correspond au cas fréquent où toutes les étapes sont actives simultanément.

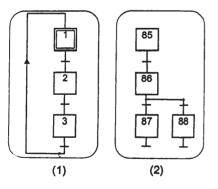
#### 22.2.4. STRUCTURATION

La complexité des systèmes automatisés rend nécessaire de disposer de moyens pour structurer la spécification. Cette structuration, assistée ou non par des méthodologies adaptées, peut se limiter à un simple découpage de la spécification ou intégrer des notions de hiérarchie par forçage ou par encapsulation.

#### - Partition d'un grafcet

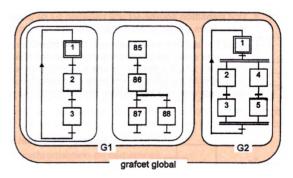
#### **Grafcet connexe**

 Structure de grafcet telle qu'il existe toujours une suite de liens (alternance d'étapes et de transitions) entre deux éléments quelconques, étape ou transition, de ce grafcet.



#### **Grafcet partiel**

Constitué d'un ou plusieurs grafcets connexes, un grafcet partiel résulte d'une partition, selon des critères méthodologiques, de grafcet global décrivant le comportement de la partie séquentielle d'un système.



#### Exemple:

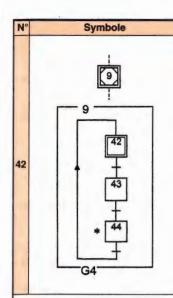
 Tous les éléments du cadre (1) constituent un grafcet connexe, puisque ses étapes et ses transitions sont réunies par une liaison orientée. Les éléments du cadre (2) constituent également un grafcet connexe.

#### Exemple: partition d'un grafcet global

- Le grafcet global est constitué des grafcets partiels G1 et G2.
- Le grafcet partiel G1 est constitué de deux grafcets connexes.

N°	Symbole	Description							
		TABLEAU 8. Grafcet partiel							
32	G*	Désignation d'un grafcet partiel : La lettre G désigne par convention un grafcet partiel. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
33	XG*	Variable de grafcet partiel: Un grafcet partiel est dit actif lorsque l'une au moins de ses étapes est active, il est conséquemment dit inactif lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'un grafcet partiel peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « 1 » ou « 0 » d'une variable XG* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom du grafcet partiel considéré. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
		Exemple : XG1 désigne la variable du grafcet partiel 1.							
34	G# {,}	Situation d'un grafcet partiel :  La situation d'un grafcet partiel est représentée par l'ensemble de ses étapes actives à l'instant considéré. La situation d'un grafcet partiel # se note G # {,} avec entre accolades la liste des étapes actives caractérisant la situation du grafcet partiel à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
		Exemple: G12 {8, 9, 11} désigne la situation du grafcet partiel 12 à l'instant considéré, situation dans laquelle seules les étapes 8, 9 et 11 sont actives.							
35	G# {*}	Situation courante d'un grafcet partiel : L'astérisque représente, par défaut, la situation dans laquelle se trouve le grafcet partiel # à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
36	G# { }	Situation vide d'un grafcet partiel : Désigne la situation du grafcet partiel # lorsque aucune de ses étapes n'est active. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
37	G# {INIT}	Situation initiale d'un grafcet partiel : Désigne la situation du grafcet partiel # à l'instant initial. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.							
		Tableau 9. Forçage d'un grafcet partiel							
	*	Ordre de forçage d'un grafcet partiel:  Symbole dans lequel l'astérisque doit être remplacé par une situation d'un grafcet partiel (symboles 34 à 37). Associé à l'activité d'une étape d'un grafcet partiel hiérarchiquement supérieur, l'ordre de forçage est un ordre interne qui permet d'imposer une situation à un grafcet partiel hiérarchiquement inférieur.  L'ordre de forçage est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action.  Le forçage est un ordre interne, dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution.  Le grafcet forcé ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le grafcet est figé.  L'utilisation des ordres de forçage dans une spécification implique une structuration hiérarchique en grafcets partiels telle que tout grafcet partiel forçant soit de niveau hiérarchique supérieur à celui de tous les grafcets partiels forcés.							
38		Exemple 1 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation déterminée.  Lorsque l'étape 17 est active, le grafcet partiel 12 est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 8, 9, 11.							
		Exemple 2 : Forçage d'un grafcet partiel à la situation courante.  Lorsque l'étape 48 est active, le grafcet partiel 3 est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage.							
		Note 1 : On appelle également cet ordre « figeage ».							
		Exemple 3 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation vide.  Lorsque l'étape 23 est active, le grafcet partiel 4 est forcé dans la situation vide (symbole 36).							
		Note 2 : Dans ce cas aucune des étapes de G4 n'est active.							
		Exemple 4 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation initiale.  Lorsque l'étape 63 est active, le grafcet partiel 8 est forcé dans la							

N°	Symbole	Description			
TABLEAU 10 Étapes encapsulantes (Structuration hiérarchique)					
		Étape encapsulante (rappel du symbole 4) :			
		Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées dans une ou plusieurs encapsulations de cette même <b>étape encapsulante</b> .			
4		L'étape encapsulante possède toutes les propriétés de l'étape, il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère d'étape.			
		Une <b>étape encapsulante</b> peut donner lieu à une ou plusieurs encapsulations possédant chacune au moins une étape active lorsque <b>l'étape encapsulante</b> est active et ne possédant aucune étape active lorsque <b>l'étape encapsulante</b> est inactive.			
	*	Représentation graphique d'une encapsulation :			
39		Une encapsulation # d'une étape encapsulante * peut être représentée par le grafcet partiel des étapes encapsulées, ceint d'un cadre sur lequel est placé en haut à gauche le nom * de l'étape encapsulante, et en bas à gauche le repère # de l'encapsulation représentée.  Dans une encapsulation, il convient que l'ensemble des étapes encapsulées constitue un grafcet partiel dont le nom peut servir de repère à l'encapsulation correspondante.			
40	# X*/G#	Désignation globale d'une encapsulation :  Une encapsulation # d'une étape encapsulante * peut être décrite globalement par une expression littérale dans laquelle l'étape encapsulante * est désignée par la variable d'étape X*, l'encapsulation par le symbole I, et les étapes encapsulées par le nom du grafcet partiel G # auquel elles appartiennent.  Note : Cette représentation suppose que le grafcet partiel désigné ait été préalablement défini.			
-		Décignation élémentaire d'une enconquistion :			
		Désignation élémentaire d'une encapsulation :  On peut indiquer par une expression littérale qu'une étape # est encapsulée dans une étape encapsulante * en utilisant les variables d'étape et sans nommer l'encapsulation.			
41	X*/X#	Note: Cette notation convient pour désigner une suite hiérarchique d'étapes encapsu- lées les unes dans les autres, elle permet également une identification relative des étapes par niveau d'encapsulation.			
		Exemple: X4/X25/X12 désigne l'encapsulation de l'étape 12 dans l'étape 25, elle-même encapsulée dans l'étape 4.			
		Étape encapsulante initiale (rappel du symbole 5) :			
5	(*)	Cette représentation indique que cette étape participe à la situation initiale.			
3		Dans ce cas, l'une, au moins, des étapes encapsulées dans chacune de ses encapsulations doit être également une étape initiale.			
F		Lien d'activation, symbole général.			
	- 1-4-1	Représenté par un astérisque à gauche des symboles d'étapes encapsulées, le lien d'activation indique quelles sont les étapes encapsulées actives à l'activation de l'étape encapsulante.			
42	-	Il ne faut pas confondre le lien d'activation avec l'indication des étapes initiales qui peu- vent être encapsulées. Il est toutefois possible qu'une étape initiale encapsulée possède également un lien d'activation.			
		La désactivation d'une étape encapsulante a pour conséquence la désactivation de toutes ses étapes encapsulées. Cette désactivation est souvent le fait du franchissement d'une transition aval de l'étape encapsulante, mais peut également résulter de tout autre moyen de désactivation (forçage ou encapsulation de niveau supérieur).			

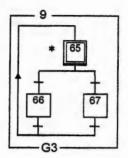


#### Exemple:

L'étape encapsulante 9 est nécessairement une étape initiale, car elle encapsule l'étape initiale 42.

L'encapusiation G4 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 42, 43 et 44.

L'étape initiale 42 participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Par contre, à chaque activation de l'étape 9, consécutive à l'évolution du grafcet, l'étape 44 est activée.

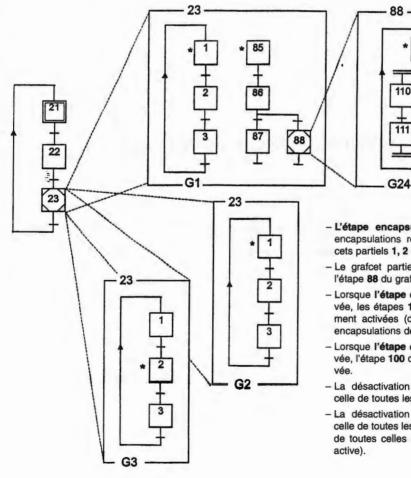


Description

L'encapsulation G3 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 65, 66 et 67.

L'étape initiale 65 participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Elle est aussi activée à chaque activation de l'étape 9 consécutive à l'évolution du grafcet.

- Exemple: structuration par encapsulation.



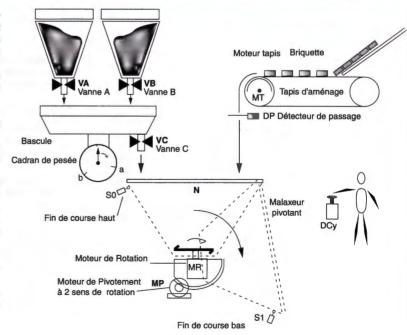
- L'étape encapsulante 23 possède trois encapsulations représentées par les grafcets partiels 1, 2 et 3.
- Le grafcet partiel 24 est encapsulé dans l'étape 88 du grafcet partiel 1.
- Lorsque l'étape encapsulante 23 est activée, les étapes 1 et 85 de G1 sont également activées (de même pour les autres encapsulations de 23 : G2 et G3).
- Lorsque l'étape encapsulante 88 est activée, l'étape 100 de G24 est également activée.
- La désactivation de l'étape 88 provoque celle de toutes les étapes de G24.
- La désactivation de l'étape 23 provoque celle de toutes les étapes de G1, G2, G3, et de toutes celles de G24 (si l'étape 88 est active).

N°	Symbole Description			
	TAE	BLEAU 11. Macro-étapes (Structuration non hiérarchique)		
6 M-		Macro-étape (rappel du symbole général 6):  Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée expansion de la macro-étape.  La macro-étape ne possède pas toutes les propriétés des autres types d'étapes (symboles 1 à 5), car seule son étape de sortie (symbole 43) valide ses transitions aval.  Il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère de la macro-étape.  La macro-étape a pour but de simplifier la lecture d'un grafcet		
[43]	E* +	Expansion de la macro-étape: L'expansion d'une macro-étape M* est une partie de grafcet munie d'une étape d'entrée E* et d'une étape de sortie S*.  L'étape d'entrée E* devient active lorsque l'une des transitions amont de la macro-étape est franchie. La ou les transitions aval de la macro-étape ne sont validées que lorsque l'étape de sortie S* est active.  Note 1: L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales.  Note 2: L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes.		
[44]	XM*	Variable de macro-étape :  Une macro-étape est dite active lorsque l'une au moins de ses étapes est active ; elle est conséquemment dite inactive lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'une macro-étape peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « 1 » ou « 0 » d'une variable XM* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom de la macro-étape considérée.		

#### 22.2.5 EXEMPLE: DOSEUR MALAXEUR AUTOMATIQUE

#### - Fonctionnement :

- Un malaxeur N reçoit des produits A et B préalablement dosés par une bascule C et des briquettes solubles amenées une par une par un tapis.
- L'automatisme décrit ci-contre permet de réaliser un mélange comportant ces trois produits
- Déroulement du cycle :
- L'action sur le bouton « Départ Cycle » provoque simultanément le pesage des produits et l'aménage des briquettes de la façon suivante :
- dosage du produit A jusqu'au repère (a) de la bascule, puis dosage du produit B jusqu'au repère (b) suivi de la vidange de la bascule C dans le malaxeur,
- amenage de deux briquettes.
- Le cycle se termine par la rotation du malaxeur et son pivotement final au bout d'un temps t<sub>1</sub>, la rotation du malaxeur étant maintenue pendant la vidange.

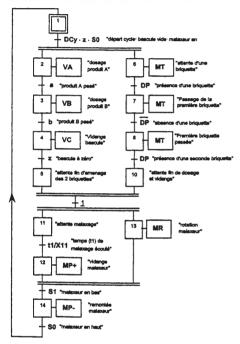


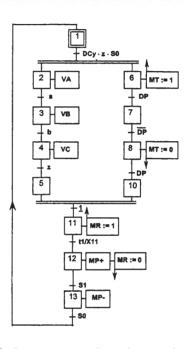
#### - Description comportementale de la partie commande du doseur malaxeur.

Le comportement de la partie commande du doseur peut être décrit par l'un des trois grafcets suivants :

#### Tableau des entrées et des sorties

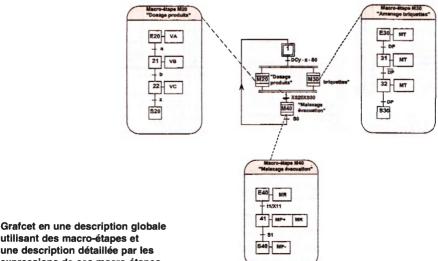
	Entrées	Sorties	
DCy	Départ Cycle	MT	Moteur Tapis
DP	Détection de passage	MR	Moteur Rotation du malaxeur
a	poids liquide A atteint	MP +	Moteur de Pivotement (sens vidange)
b	poids liquide A + B atteint	MP-	Moteur de Pivotement (sens remontée)
Z	Bascule vide	VA	Ouverture Vanne A
S0	Malaxeur en haut	VB	Ouverture Vanne B
S1	Malaxeur en bas	VC	Ouverture Vanne C





Grafcet ne comportant que des actions continues

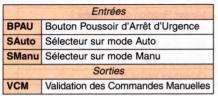
Grafcet comportant des actions continues et des actions mémorisées



#### - Structuration selon les modes de marche

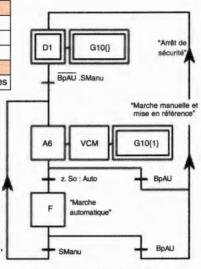
La prise en compte des modes de marche du doseur malaxeur automatique peut conduire à structurer hiérarchiquement la spécification en utilisant des **ordres de forçage** (figure ci-dessous) ou des **étapes encapsulantes** (figure ci-dessous). Les entrées et sorties complémentaires suivantes sont nécessaires pour prendre en compte les ordres de marche de l'opérateur.





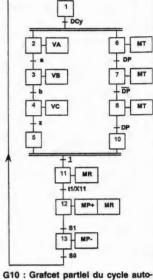
Structuration selon les modes de marche utilisant des ordres du forçage

- La hiérarchie de forçage comporte deux niveaux.
- L'ordre de forçage associé à l'étape D1 du grafcet partiel 1 force le grafcet partiel 10 à la situation vide (aucune des étapes de G10 n'est active).
- L'ordre de forçage associé à l'étape A6 de G1 force G10 à la situation dans laquelle seule l'étape 1 est active (mais aucune transition n'est franchissable), car les autres étapes de G10 sont forcées à vide.
- L'activation de l'étape F1 permet à G10 d'évoluer normalement (car il n'est plus soumis à un ordre de forçage).



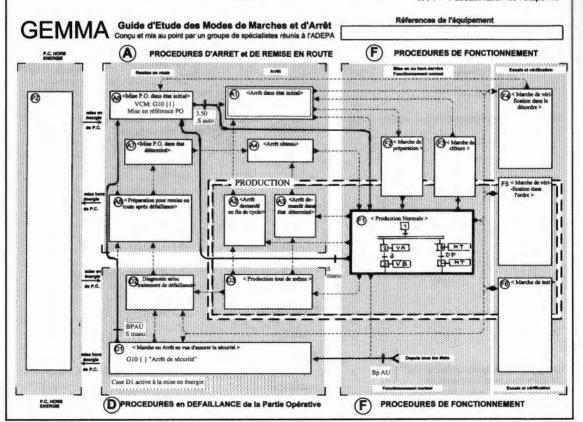
G1 : Grafcet partiel des modes de marche (niveau hiérarchique supérieur ou 1er niveau hiérarchique).

Note: Les désignations D1, A6, et F font référence implicitement au GEMMA de l'ADÉPA.



G10 : Grafcet partiel du cycle automatique (niveau hiérarchique inférieur ou 2º niveau hiérarchique).

Note: Le grafcet ci-dessus G10 de 2eme niveau démarre seulement si
X F1 = 1 désactivation de l'étape A6

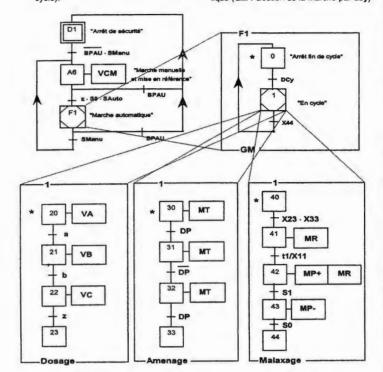


# Structuration selon les modes de marche utilisant des étapes encapsulantes :

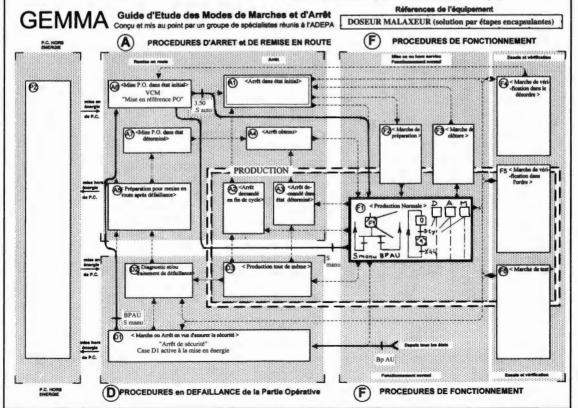
- La hiérarchie d'encapsulation comporte trois niveaux.
- Lorsque l'étape D1 est active, aucune autre étape n'est active.
- Lorque l'étape A6 est active, aucune autre étape n'est active et les commandes manuelles (VCM) sont validées.
- Lorsque l'étape encapsulante
   F1 est activée, l'étape D de son encapsulation "GM" est également activée.
- Lorsque l'étape encapuslante 1 est activée, l'étape 30 de son encapusulation "Amenage" et l'étape 40 de son encapsulation "Malaxage" sont également activées.

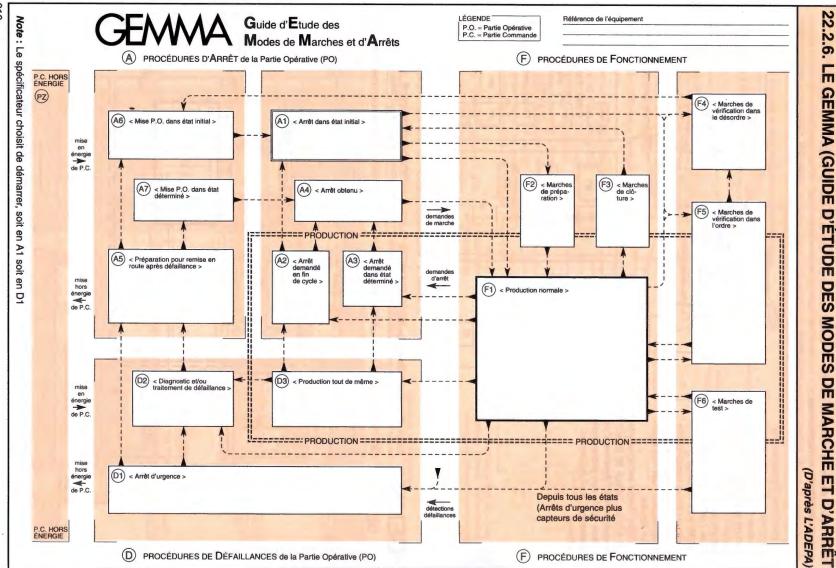
1er niveau : Gestion des modes de Marche et d'arrêt (autorise le déroulement d'un cycle).

2º niveau : 1ère encapsulation F1 autorise le départ en production automatique (GM : Gestion de la marche par dcy)



3º niveau: 2º ericapsulation. (Gestion d'un cycle automatique)





# 23. ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE

23.1. LES	CIRCUITS INT	ÉGRÉS L	OGIC	UES	(C.I.L	.)		
23.1.1. Différentes Familles Logiques	- TECHNOLOGIE TTL TTL. STANDARD (Série 7 S. TTL (Série 74 S) L. TTL (Série 74 L) H. TTL (Série 74 H) F. TTL (Série 74 F) ALS. TTL (Série 74 ALS) LS-TTL (Série 74 LS)  - TECHNOLOGIE MOS CMOS (Série 4 000) HC MOS (Série 74 HC) HCT MOS (Série 74 HC)	: Schottky; TTI: : Low-power; T: : High Speed; : TTL Fast. : Advanced – L Schottky et à : Low-power – grâce à la mi transistors. : Complementa consommatioi : High-speed; famille TTL.	à vitesse TL à faible TTL à gran ow-power consomma Schottky; se en œuv ary – Meta n et basse CMOS à v	accrue gra e consommade vitesse - Schottky ation réduit TTL à fai rre de dioc	àce aux die nation. ; TTL à vit re. ible conso des Schotti e Semicon	esse accrummation eky réduisal	et grâce au et à vitess nt la sature MOS à tr	ux diodes e accrue ation des rès faible LS de la
		Familia		TTL			CMOS	
	Tension d'alimentation, puissance et temps de	Familles	74	74 LS	74 ALS	4 000	74 HC	74 HCT
23.1.2.	propagation par porte suivant la famille logique.	Tension d'alimentation	5 V	5 V	5 V	3 à 18 V	2 à 6 V	5 V
CARACTÉ- RISTIQUES ÉLECTRIQUES	* Ordre de grandeur (Valeurs typiques)	Dissipation * par porte	10 mW	2 mW	1 mW	2,5 mW	2,5 mW	2,5 mW
PRINCIPALES		Temps de * propagation par porte	10 ns	9,5 ns	4 ns	40 ns	10 ns	10 ns
23.1.3. SEUILS DE TENSION ET SENS DU COURANT (NIVEAUX LOGIQUES)	Remarque: Dissipation e OU, OU-NON)  UOH: output high level (N tension de série n haut  UOL: output low level (N tension de série n bas  UIH: input high level (NI tension d'entrée n haut  UIL: input low level (NL tension d'entrée n bas  Voc: tension d'alimentati IH: courant niveau hau  IL: courant niveau bas	L:1) iveau L:0) iveau + V <sub>CC</sub> - L:1) iveau -:0) iveau iveau GND _ t GND _	Si	ORTIE	Hn <sub>3</sub>		ITRÉE	
	<ul> <li>EUH : marge de bruit ou ir nité au bruit niveau</li> <li>EUL : marge de bruit ou ir nité au bruit niveau</li> </ul>	haut Le niveau tie vers l'e	logique 1 ntrée. logique 0					

vers la sortie.

CONVENTIONS: - Si le courant sort du circuit, il est compté négativement. - Si le courant entre dans le circuit, il est compté positivement. - Cette convention s'applique à l'entrée et à la sortie d'un circuit logique NIVEAU LOGIQUE 1: (High level). Pour qu'une sortie applique un niveau logique 1 à une entrée il faut : IOH : courant de sortie à l'état haut. UOH > UIH -> IOH < 0 et IH > 0 avec |IOH| > IH| IIH : courant d'entrée à l'état haut. NIVEAU LOGIQUE 0: (Low level) 23.1.4. loL : courant de sortie à **CONDITIONS DE** l'état bas. UOH < UIH -> IOH > 0 et IIL < 0 avec |IOL| > IIL| FONCTIONNEMENT : courant d'entrée à l'état bas. IMMUNITÉ AU BRUIT À L'ÉTAT 1 : Tension maximum parasite qui, superposée à la tension de sortie  $\varepsilon_{\text{UH}} = U_{\text{OH}} - U_{\text{IH}}$ à l'état haut, ne modifie pas l'état logique haut. IMMUNITÉ AU BRUIT À L'ÉTAT O : Tension maximum parasite qui, superposée à la tension de sortie EUL = UIL - UOL à l'état bas, ne modifie pas l'état logique bas. **FAMILLES** TTL 74 LS 74 ALS 4 000 74 HC 74 HC **74 HCT** 74 V<sub>cc</sub> (précision) 5 V ± 5 % 5 V ± 5 % 5 V ± 5 % 5 V 5 V ± 5 % 3 V 5 V ± 10 % UH (mini) 2.0 V 2.0 V 2.0 V 3.5 V 3.5 V 2.1 V 2.0 V 23.1.5. UIL (maxi) 0.8 V 0,7 V 0,7 V 1,5 V 1 V 0,6 V 0,8 V **NIVEAUX** LOGIQUES UOH (mini) 2.4 V 2.7 V 2.7 V 4.5 V 3.7 V 2.2 V 3.7 V HAUT ET BAS UOL (maxi) 0,4 V 0,5 V 0,4 V 0.4 V 0,1 V 0,1 V 0,1 V **DES PORTES** η<sub>L</sub> (mini) SUIVANT 1.6 mA 0.4 mA 0.2 mA -5 nA ±1 nA ±1 nA ± 1 nA LA FAMILLE IH (maxi) 40 μA 20 μA 20 5 nA μA LOGIQUE lo (mini) 16 mA R mA mA 0.4 mA 4 mA 4 mA 4 mA IOH (maxi) - 400,6 μA -400μA -400μA -0.4 mA La tension d'alimentation V<sub>CC</sub> considérée est de 5 V pour des raisons de compatibilité entre circuits. La précision de cette tension d'alimentation est grande pour les circuits TTL. LS HCT HC La sortance d'un circuit, à l'état haut (H) CMOS TTL TTL MOS MOS correspond au nombre d'entrées qu'il peut VERS alimenter (d'un autre circuit) 1002 100 Sortance (H) = IOH/IIH TTL 0,3 La sortance d'un circuit, à l'état bas (L) 200 10 20 20 2010 20 20 20 correspond au nombre d'entrées qu'il peut TTL recevoir (d'un autre circuit) 40 Sortance (L) =  $I_{OL}/I_{IL}$ <sup>20</sup>20 20 20 23.1.6. <sup>20</sup>20 ALS 20 20 SORTANCE TTL La sortance d'un circuit par rapport à un autre 80 20 20 2 (FAN-OUT) circuit correspond à la sortance la plus petite ainsi définie. HCT (1) (1) (1) (1) (1) (1) MOS HC (2) (2)(2)(1) (1) (1)

MOS

CMOS

(3)

(3)

(3)

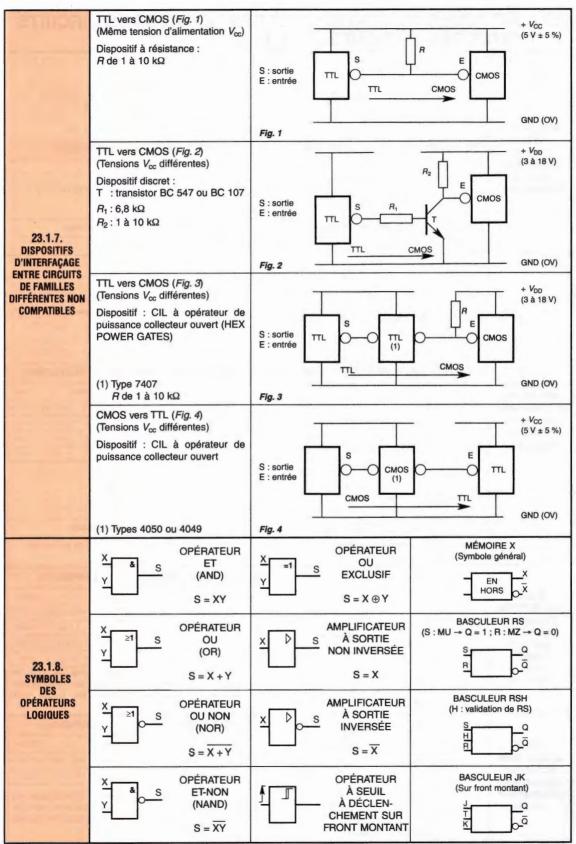
(1)

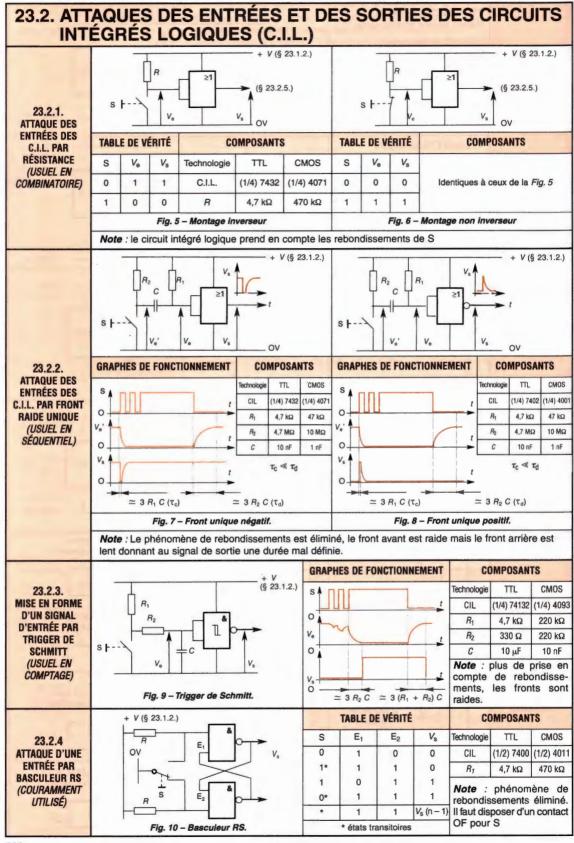
(1)

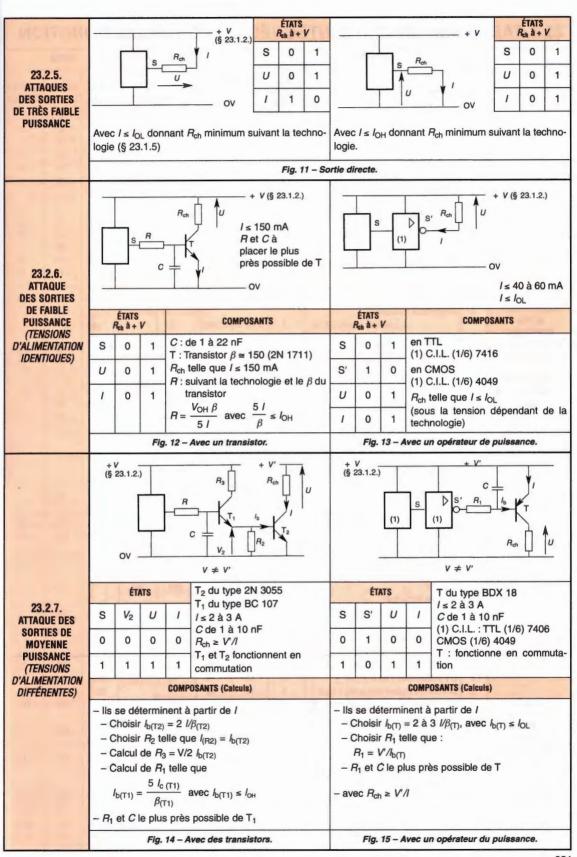
(1)

 Théoriquement illimitée (prendre en considération le retard (temps de propagation) introduit).
 Compatibilité assurée si HCMOS alimentée en 3 V

(3) Incompatibilité de niveau logique







# 23.3. TABLE DES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES PAR FONCTION

		FONCTIONS				ΠL			CMOS	
100	b de ortes	Fonction de la porte ou de l'opérateur	Nb d'entrées par porte	Nb de broches	Stand. 74 xxx	LS 74 LS xxx	S 74 S xxx	CMOS 4xxxxx		HCTMOS 74HCTxxx
	4	ET NON	2	14	00	00	00	011	00	00
	4	OU NON	2	14	02	02	02	001	02	02
	4	ET NON à collecteur ouvert (5,5 V)*	2	14	03	03	03		03	03
	6	INVERSEUR	1	14	04	04	04		04	04
	6	INVERSEUR à collecteur ouvert (5,5 V)* INVERSEUR PUISSANCE	1	14	05	05	05		05	05
		à collecteur ouvert (30 V)*	1	14	06	06				
	6	PUISSANCE à collecteur ouvert (30 V)*	1	14	07	07			07	07
	4	ET	2	14	08	08	08	081	08	08
	4	ET à collecteur ouvert (5,5 V)*	2	14	09	09	09		09	
	3	ET NON	3	14	10	10	10	023	10	10
	3	ET	3	14	11	11	11	073	11	11
	-	TRIGGER DE SCHMITT ET NON	4	14	13	13		083		
IT	- 1	TRIGGER DE SCHMITT inverseur INVERSEUR PUISSANCE	1	14	14	14		0106	14	14
	١	à collecteur ouvert (15 V)*	1	14	16	16		049		
JE	6	PUISSANCE à collecteur ouvert (15 V)*	1	14	17	17		050		
ELA	2	ET NON	4	14	20	20	20	012	20	20
GIE		ET	4	14	21	21		082	21	21
		ET NON à collecteur ouvert (15 V)*	2	14	26	26		002		
X	3	OU NON	3	14	27	27		025	27	27
S DE	-		8	14	30	30	30	068	30	30
	1 4	ET NON	2	14	32	32	32	071	32	32
		0U	_				32	0/1	32	32
	4	OU NON de puissance (BUFFER)	2	14	33	33	0.7			
		ET NON de puissance (BUFFER)	2	14	37	37	37			
	4	ET NON de puissance								
		à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14	38	38	38			
1	-	ET NON de puissance (BUFFER)	4	14	40	40	40			
	2	ET OU NON	2	14	51	51	51		51	
- 7	2	ET OU NON	4	14		55		085		
	4	OU EXCLUSIF	2	14	86	86	86	030∞070	86	86
	4	TRIGGER DE SCHMITT ET NON	2	14	132	132	132	093	132	132
	1 4	ET NON OU EXCLUSIF	13	16		133	133			
		à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14	136	136	136			
	2	OU NON	5	14	260	260	260			
	4	OU NON EXCLUSIF à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14	-	266		077	266	
		* en TTL seulement								
	2	JK maître d'esclave avec RAZ	4	14	73	73			73	73
	2	D à présélection 1 ou 0. Front 🗲	4	14	74	74	74	013	74	74
	2	JK maître d'esclave avec près. 1 ou 0	5	16	76	76		027	76	76
-	2	JK maître d'esclave avec RAZ. Front 1	4	14	107	107			107	107
TV	2	JK maître d'esclave à près.1 ou 0								
		Front <b></b>	5	16	109	109			109	109
E	2	JK maître esclave à près. 1 ou 0								
LA		Front 1	5	16		112	112		112	112
SIE	2	JK maître esclave avec RAU. Front ₹	4	14		113	113			- 41
FC	1	Monostable (10 ns à 10 ms)	3	14	121			047		
ES	2	Monostable à avec RAZ	3	16	123		123	528	123	123
S	6	D avec RAZ et H ∮ communs	1	16	174	174	174	0174	174	174
	4	D avec RAZ et H ★ communs	1	16	175	175	175	0175	175	175
	2	Monostable et multivibrateur	3	16	221	.70	221	098	221	221
	-	MOHOSTANIE ET HIGHNAINIGERI	3	10	221			330	221	-21

		FONCTIONS	UL T			TTL			CMOS	
	Nb de portes	Fonction de la porte ou de l'opérateur	Nb d'entrées par porte	Nb de broches	Stand. 74 xxx	LS 74 LS xxx	S 74 S xxx	CMOS 4xxxx	HCMOS 74HCxxx	HCTMOS 74HCTxxx
23.3.3.	1	Mémoire vive 64 bits	10	14 16				505 720		
CLASSEMENT	1	Mémoire vive 256 bits Registre à décalage 8 bits	14	14	91	91		720		
ALPHA-	1	Registre à décalage 4 bits	-	14	31	31				
À PARTIR DE LA		(E // ; S série), avec validations	12	16	94					
TECHNOLOGIE	1	Registre à décalage 4 bits (série parallèle)	5	14	95	95		094		
TTL	1	Registre à décalage 5 bits (série parallèle)	8	16	96	96			404	104
REGISTRES	1	Registre à décalage 8 bits (E série ; S //) Registre à décalage 8 bits (E // ; S série)	10	14 16	164 165	164 165			164 165	164 165
MÉMOIRES	1	Registre à décalage 8 bits	10	10	103	103			105	105
	i '	(à présélection)	11	16	166	166		021	166	166
	1	Registre à décalage 4 bits								
		bidirectionnel universel	8	16	194	194	194	194	194	194
	1	Registre à décalage 4 bits universel	8	16	195	195	195	035	195	195
		(E : entrées) (S : sorties)								
	1	Décodeur BCD (1 à 10)	4	16	42	42	42	0,28	42	42
	1	Décodeur BCD décimal								
00.04		(à collecteur ouvert)	4	16	45					
23.3.4. CLASSEMENT	1	Décodeur BCD 7 segments (admission de I)	6	16	46	49		511		
ALPHA-	1	Multiplexeur 16 → 1 (Inverseur)	21	24	150	45		311		
NUMÉRIQUE	1	Multiplexeur 8 → 1	12	16	151	151	151		151	151
À PARTIR DE LA	2	Multiplexeur 4 →1	7	16	153	153	153	539	153	153
TECHNOLOGIE	1	Démultiplexeur 4 → 16	6	24	154	154			154	154
DÉCODEURS	2	Démultiplexeur 2 → 4	6	16	155	155			155	155
MULTIPLEXEURS	2	Démultiplexeur 2 → 4	١.		450	450				
	4	(Collecteur ouvert)	6	16 16	156 157	156 157	157	519	157	157
	4	Multiplexeur $2 \rightarrow 1$ Multiplexeur $2 \rightarrow 1$ (Inverseur)	4	16	158	158	158	515	158	158
23.3.5.	1	Additionneur 4 bits (avec retenues)	9	16	83	83		008		
CLASSEMENT	1	Comparateur 4 bits (avec cascade)	11	16	85	85	85	1	85	85
À PARTIR DE LA	1	Diviseur par 2, 6, 12	4	14	92	92				
TECHNOLOGIE TTL	1	UAL 4 bits	14	24	181	181	181		181	181
CIRCUITS ARITHMÉTIQUES	1 1	Générateur de report accéléré Additionneur 4 bits	9	16 16	182 283	283	182 283		182 283	182 283
Antitimendoes			-				200		200	200
	1	Décade asynchrone compteur Compteur diviseur par 2, 6, 12	6	14	90 92	90 92				
22.2.6	1	Compteur diviseur par 2, 6, 12 Compteur 4 bits, asynchrone	4	14	93	93			93	93
23.3.6. CLASSEMENT	1	Décade synchrone, 4 bits		,,,		1				
ALPHA-		(avec RAZ et présélection)	10	16	160	160		0160	160	160
NUMÉRIQUE	1	Compteur binaire synchrone 4 bits	10	16	161	161		0161	161	161
A PARTIR DE LA FAMILLE	1	Compteur-décompteur (décade)	8	16	190	190		029	190 191	190 191
TTL	1	Compteur décompteur synchrone 4 bits Compteur décompteur	8	16	191	191		516	191	191
COMPTEURS	'	synchrone à présélection (BCD)	8	16	192	192		0192	192	192
DÉCOMPTEURS	1	Compteur décompteur			-				718	
		synchrone à présélection (4 bits)		16	193	193		0193	193	193
	1	Compteur binaire 4 bits	4	14	293	293				
		certains C.I.L. CMOS sont donnés it un schéma logique nécessitant 4						IIL:		
		it un schema logique necessitant 4 EN TTL : 7408 ; 74 LS 08 ; 74 S 08								
23.3.7.	- E	EN CMOS: 4081; 74 HC 08; 74 H	CT 08						•	
EXEMPLES		it un schéma logique nécessitant 2					s:			
		EN TTL : 7474 ; 74 LS 74 ; 74 S 74 EN CMOS : 4013, 74 HC 74 ; 74 HC		age → 1	4 proch	es				
		s boîtiers sont du type DIL (Brocha		C.I.L. §	23.9.3.)					
		,,			,					

# 23.4. RÈGLES D'EMPLOI DES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES

#### ALIMENTA- Taux d'ondulation ≤ 5 % - Découplage « redressement - filtrage » de l'alimentation TION - Taux de régulation ≤ 5 % primaire par un condensateur RF (découplage HF) GÉNÉRALE Condensateur du type polyester de 0,1 à 1 uF - Prévoir une réserve de - Découplage de la sortie du régulateur par un conden-100 % $V_{cc}$ (/ alimentation = 2/utile) sateur au tantale sec de 0.1 à 1 µF (découplage BF) (Exemple § 23.11.) Découpler chaque groupe de 4 à 8 boîtiers avec un condensateur de découplage du type ALIMENTA-TION DES céramique de 0.01 à 0.001 µF (découplage THF) C.I.L Note: pour éviter toutes oscillations parasites le découplage unitaire (1 condensateur par $V_{cc}$ boîtier) est conseillé. Placer ce condensateur le plus près possible du + Vcc Limiter à quelques dizaines (2 à 3) le nombre de circuits par carte et découpler chaque carte par un condensateur au tantale sec de 0,1 µF en parallèle sur une diode Zener de 5 V (protection des C.I.L. TTL Fig. 16) 0,1 µF 0,1 µF Fig. 16 - Découplage et protection des C.I.L. TTL. Si le nombre de circuits devient important, il est conseillé de réaliser une alimentation commune sommaire (Redressement + Filtrage) et des alimentations régulées sur chaque 23.4.1. carte (mêmes remarques que précédemment pour les différents condensateurs de décou-CIRCUITS plage.) INTÉGRÉS LOGIQUES MASSE Utiliser si possible un plan de masse (0 V) permettant une distribution en étoile TTL - Sinon réaliser un « bus masse » (ruban de cuivre) le plus large possible (/ ≥ 5 mm) autour du circuit imprimé (masses des C.I.L. et bus masse raccordés au 0 V) - Toujours relier les deux extrémités d'une longue ligne de masse au 0 V CONSIDÉ-- Alimentation : - ne jamais inverser, l'alimentation d'un C.I.L. TTL. RATIONS **GÉNÉRALES** Entrées, sorties : SUR LES - ne jamais porter une entrée à un potentiel supérieur à 5,5 V même si le C.I.L. TTL n'est C.I.L. pas alimenté (Destruction de l'entrée), - ne jamais porter une entrée à un potentiel inférieur à - 0,7 V même si le C.I.L. TTL n'est TTL pas alimenté (Destruction de l'entrée), - ne jamais laisser une entrée en l'air. les temps de montée et de descente des signaux d'entrée ne doivent pas dépasser 1 μs pour une impédance Z supérieure ou égale à 100 $\Omega$ (sauf entrées des Trigger), ne jamais porter une sortie directement au + V<sub>cc</sub> CAS DES Opérateur ET, ET NON : **ENTRÉES** relier les entrées non utilisées directement à + V<sub>cc</sub> si V<sub>cc</sub> est toujours inférieure à 5,5 V, – les relier à $V_{cc}$ par une résistance de 1 à 10 kΩ (Valeur typique 4,7 kΩ), NON UTILISÉES - plusieurs entrées non utilisées peuvent être raccordées à la même résistance, DES - les relier à des entrées utilisées du même opérateur (il faut que le facteur de charge du **OPÉRATEURS** dispositif « générateur » le permette), SIMPLES - les relier à la sortie d'un ET NON inutilisé dont les entrées sont à la masse. - Opérateur OU - OU NON : - relier les entrées non utilisées aux entrées du même opérateur (attention au facteur de charge), les relier au 0 V.

	CAS DES OPÉRATEURS NON UTILISÉS	<ul> <li>On peut relier les entrées des opérateurs non utilisées au 0 V (masse) pour réduire la consommation du circuit intégré.</li> <li>On peut mettre en parallèle des opérateurs d'un même circuit intégré pour augmenter le facteur de charge des opérateurs.</li> </ul>
	CAS DES BASCULES	<ul> <li>La présélection de mise à zéro ou de mise à un d'une bascule se fait généralement lorsque l'impulsion d'horloge est au niveau bas.</li> <li>Les temps de montée et de descente des impulsions d'horloge doivent être inférieurs à 150 μs (amélioration de l'immunité au bruit).</li> <li>Généralement les entrées des bascules ne doivent pas changer d'état lorsque l'impulsion d'horloge est au niveau haut.</li> </ul>
	COMMANDE ET RÉCEPTION PAR LIGNE	Liaisons électriques extérieures aux cartes.  Si les liaisons dépassent 25 cm, prendre les précautions suivantes :  liaison par coaxial (impédance caractéristique 80 à 100 Ω)  (on reliera les deux extrémités, retours de masse, au 0 V,  on obtient une liaison correcte en torsadant les fils  (fils de faible isolement à raison d'un tour par cm),  utiliser une résistance de rappel à + V <sub>cc</sub> de 0,47 à 1 kΩ à l'extrémité réceptrice de la liaison,  mettre une résistance 15 à 47 Ω en série avec l'extrémité émettrice,  ne piloter qu'une seule entrée d'opérateur par liaison  (voir le cas des entrées non utilisées),  ne pas utiliser des basculeurs en tant qu'émetteur ou récepteur de ligne,  découpler +V <sub>cc</sub> par rapport à la masse les alimentations des opérateurs émetteur et récepteur de ligne par un condensateur polyester de 0,1 μF (RF).
	ALIMENTA- TION GÉNÉRALE V <sub>DD</sub>	<ul> <li>Les circuits CMOS s'accommodent de 10 % de tolérance sur la tension d'alimentation (5 % pour les circuits TTL)</li> <li>Les entrées-sorties absorbent moins de courant qu'en TTL. De ce fait, il n'est pas indispensable que l'alimentation possède une grande réserve de puissance (généralement / alimentation = 1,3 / utile).</li> <li>Mêmes découplages qu'en technologie TTL.</li> </ul>
14b	ALIMENTA- TION DES C.I.L. V <sub>DD</sub>	<ul> <li>Mêmes remarques qu'en technologie TTL pour le découplage des boîtiers et des cartes (découplage de l'alimentation). La diode Zener prend la valeur maximum de l'alimenta- tion des C.I.L.</li> <li>Le nombre de circuits par carte peut être porté à 50.</li> </ul>
	MASSE	- Mêmes remarques que pour la technologie TTL.
23.4.2. CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES CMOS	CONSIDÉ- RATIONS GÉNÉRALES SUR LES C.I.L. CMOS	<ul> <li>Alimentation: <ul> <li>ne jamais inverser l'alimentation d'un C.I.L, CMOS</li> <li>Entrées-sorties: (V<sub>DD</sub> peut être différent de V<sub>DD</sub> maxi, § 23.1.2.)</li> <li>ne jamais porter une entrée à un potentiel supérieur à V<sub>DD</sub> + 0,5 V</li> <li>ne jamais porter une entrée à un potentiel intérieur à − 0,5 V</li> <li>le courant par entrée ne doit pas dépasser ± 10 mA (CMOS) ± 20 mA (HC (T) MOS)</li> <li>ne jamais laisser une entrée en l'air.</li> <li>les temps de montée et de descente maxima conseillés à appliquer aux entrées sont de 15 μs (CMOS) et 0,5 μs (HC (T) MOS) sauf pour les entrées des Trigger.</li> <li>ne jamais porter une sortie directement à + V<sub>DD</sub> ou à 0 V.</li> <li>Les C.I.L. CMOS sont très sensibles aux phénomènes électrostatiques, éviter de toucher les connexions avec les doigts, utiliser un fer à souder TBT dont la panne est mise à la terre (ou souder les C.I.L. fer débranché). Souder les C.I.L. sur un montage non relié à un quelconque élément (oscilloscope, voltmètre électronique, alimentation raccordée au secteur).</li> <li>Entrées non utilisées:</li> <li>Les relier à + V<sub>DD</sub> à la masse (0 V) ou à une entrée utilisée (résistance inutile) suivant le type d'opérateur (Entrées non utilisées, § 23.4.1.).</li> </ul> </li> </ul>
	Are a second	

# 23.5. COMPOSANTS PASSIFS

- Valeur ohmique : code des couleurs (couverture)
- Tolérance : code des couleurs (couverture)
- Puissance ou tension (Fig. 18)
- Séries normalisées (Fig. 19)



Les encombrements définissent la puissance maximale d'utilisation (à 70 °C) à partir de laquelle la tension de service maximale est définie.

W max. à 70 °C	Tension de service		mensi ax. (m	
a 10 C	max. (v)	D	L	d
0,125	150	1,6	4,5	0,4
0,25	250	2,5	7,2	0,6
0,5	350	3,7	10	0,7
1	500	5,2	18	0,8
2	750	6,8	18	0,8
3	1 000	9,3	32	0,8

Fig. 17 - Identification des résistances

Fig. 18 - Encombrements des résistances

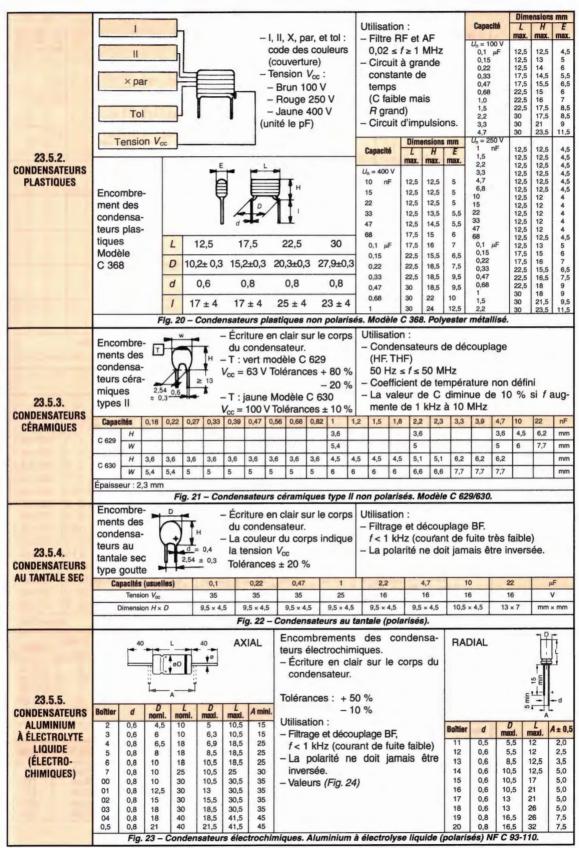
	, ig.	,		- Cution	1 400 1		,,,,,,,				g. 10			nomo	40070	Joiotai	1000	
E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E24	E12	E6	E3
100	100	100	160			255	255		407			649	649	649	10	10	10	10
101			162	162	162	258			412	412		652			11			
102	102		164			261	261	261	417			665	665		12	12		
104			165	165		264			422	422	422	673			13			
105	105	105	167			267	267		427			681	681	681	15	15	15	
106			169	169	169	271	11		432	432		690			16			
107	107		172			274	274	274	437			698	698		18	18		
109			174	174		277			442	442	442	706			20			
110	110	110	176			280	280		448			715	715	715	22	22	22	22
111			178	178	178	284			453	453		723			24			
113	113		180			287	287	287	459		-11	732	732		27	27		
114			182	182		291			464	464	464	741			30			
115	115	115	184			294	294		470			750	750	750	33	33	33	
117			187	187	187	298			475	475		759		,	36			
118	118		189			301	301	301	481			768	768		39	39		
120			191	191		305			487	487	487	777	-		43	-		
121	121	121	193	10.		309	309		493	10.	10.	787	787	787	47	47	47	47
123	12.		196	196	196	312	000		499	499		796			51		7.	7.
124	124	-	198			316	316	316	505			806	806	1112	55	55		
126	12.		200	200		320	0.0	0.0	511	511	511	816	000		62	00		
127	127	127	203	200		324	324		517			825	825	825	68	68	68	
129	130		205	205	205	328			523	523		835	-	-	75	-	- 50	
130	100		208	200	200	332	332	332	530	J.L.		845	845		82	82		
132			210	210		336	COL	002	536	536	536	856	010	50	91	02	1	
133	133	133	213			340	340		542	-	-	866	866	866	-			
135	100	100	215	215	215	344	040		549	549		876	000	000				
137	137		218	210	210	348	348	348	556	040		887	887					
138	101		221	221		352	0,0	040	562	562	562	898	00,					
140	140	140	223	221		357	357		569	302	302	909	909	909				
142	140	140	226	226	226	361	337		576	576		920	500	505				
143	143	-	229	220	220	365	365	365	583	0,0		931	931					
145	143		232	232		370	303	300	590	590	590	942	901					
147	147	147	234	202		374	374		597	550	330	953	953	953				
149	177	177	237	237	237	379	0/4		604	604		965	300	300				
150	150		240	201	201	383	383	383	612	004		976	976					
152	130		243	243		388	303	303	619	619	619	988	310					
	154	154		240		392	202			013	013	900						
154	154	154	246	249	240	392	392		626	634								
156	150		249	249	249		400	400	634	634								
158	158		252			402	402	402	642				$\Box$			$\Box$	$\Box$	
			rances									olérano			t ± 2	%		
Série	F48	: tolér	rances	± 20	% et ±	. 1 %	0		Série E96 : tolérances ± 1 %									

23.5.1. RÉSISTANCES

Série E48 : tolérances ± 2 % et ± 1 %

Série E96 : tolérances ± 1 %

Fig. 19 - Échelonnement des valeurs par décade suivant la série.



	C (µF)	-	1,5	2,2	3,3	4,7	5,8	10	15	22	33	47	68	100	150	220	330	470	680	1 000	1 500	2 200	3 300	4 700
	10 V A									2		2		3		4	5	5		00	0	01	02	03
	R									11		12		13	14	15	16		17	18	19	20		
	16 V A								2		2	3	3		4	5	5		00	00	01	02	03	
	R							11	11	12	12	13	13	14	15	16	17	17	18	19	20			
	25 V A							2		2		3		4	5	5		00	00	01	02	03		
5 Marie 1	R						11		12		13		14	15	16	17	18		19	20				
23.5.6.	40 V A								2	3	3	4		5	5	7	00	00	01	02	03			
CONDENSATEURS	R					11		12		13	14		16		17	18	19	20						
ÉLECTRO- CHIMIQUES	63 V A	2	2	2	2	2	2	3	3	4		5	6	7	00	00	01	02	03					
OmmigoLo	R	11	11	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	18	19	20								
	100 V A	2		2	2	3		4		5	6	7												
	R	11		12		13		15	16	16	17	17	18	19	20									
	250 V A*									01	02	03		05										
	R																							
	350 V A*								01	02	02	04												
	R																							
			Fig	. 24	– Éci	helor	nem	ent d	des v	aleui	rs – L	3oîtie	ers s	uivar	t C e	t Vc	c:A	: axia	al, R	: rad	ial			

R: radial (Modèle 035)

A\* : axial (Modèle C042)

A : axial (Modèle 030)

23.6. SEM	AI-CO	NDUC	TEUI	RS								
	Туре	1	∕π à / <sub>CT</sub>	rzī à lzī	<b>I</b> ZT	rzk	et I <sub>ZK</sub>	Dérive	V2 /1	a V <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	/zm
	BZX 85 C 2	2 V 7 2	5/ 2,9 V	20 Ω	80 mA	400 Ω	à 1 mA	- 0,07 %	/°C 15	50 <i>μ</i> Α	1 V	370 mA
	" (	3 V 0 2	8/ 3,2 V	20 Ω	80 mA	400 Ω	à 1 mA	-0,07 %	/°C 10	00 μA	1 V	340 mA
		3 V 3 3,	1/ 3,5 V	20 Ω	80 mA	400 Ω	à 1 mA	-0,06 %		10 <i>μ</i> Α	1 V	320 mA
			4/ 3,8 V	20 Ω	60 mA	500 Ω		-0,06 %		20 <i>μ</i> Α	1 V	290 mA
			7/ 4,1 V	15 Ω	60 mA	500 Ω		-0,05 %		10 <i>μ</i> Α	1 V	280 mA
			8/ 5,4 V	10 Ω	45 mA	500 Ω		0,01 %		1 <i>μ</i> A	1,5 V	200 mA
23.6.1.			2/6 V	7Ω	45 mA	400 Ω		0,03 %		1 <i>μ</i> A	2 V	190 mA
DIODES ZENER			8/ 6,6 V	4Ω	35 mA	300 Ω		0,04 %		1 <i>μ</i> A	3 V	170 mA
			5/ 9,6 V	5 Ω	25 mA	1	à 0,5 mA	0,06 %		1 <i>μ</i> A	6,8 V	120 mA
	10		4/10,6 V	7Ω	25 mA		à 0,5 mA	0,07 %		0,5 μA	7 V	105 mA
	12		4/12,7 V	9 Ω	20 mA		à 0,5 mA	0,07 %		0,5 μA	, 1	88 mA
	18		8/15,6 V	15 Ω	15 mA		à 0,5 mA	0,08 %		0,5 μA		71 mA
	10		8/19,1 V	20 Ω	15 mA		à 0,5 mA	0,08 %	1	0,5 μΑ		62 mA
	20		8/21,2 V	24 Ω	10 mA		à 0,5 mA	0,08 %		0,5 μA		56 mA
	BZX 85 C 24	4 22,	8/25,6 V	25 Ω	10 mA		à 0,5 mA	0,08 %	/"	0,5 <i>μ</i> A		47 mA
	Fig. 25 – Di	iodes Zénei	1,3 W.	t <sub>vj</sub> I	naxi 175	°C		téristiques	$\dot{a} t_a = 2$	5 °C	В	oîtier D041.
	Туре	Jonction	V <sub>R</sub> (V)	/FRM (mA)	I <sub>FS</sub>		(V)	(mA)	C (pF)	\$er	(maxi) (ns)	Boîtier
00.00	BAV 10	Si	60	600	4		0.75	10	2,5		6	DO 35
23.6.2.	BAV 19	Si	100	625	5		1	100	5		50	DO 35
DIODES DE COMMUTATION	BAV 20	Si	150	-	-		1	100	_		-	DO 35
COMMUNATION	1N 4148 1N 4 448	Si Si	75 75	450	2		1	10 100	4		4	DO 35 DO 35
				L				100				00 33
	Fig. 26 – Di	iodes de co	mmutatio	n t <sub>a</sub> = 25 °C	2.					_		
0.00	Types	V <sub>RRM</sub>	VR	MS recomm	nandée	10	/FRM	V <sub>F</sub> à	10	/ <sub>R</sub> (	25 °C)	Boîtier
23.6.3.		100 à 90	0 V	40 à 400	V	0,8 A	5 A	1 V	0,8 A		0 μΑ	(1)
PONTS			0 V	40 à 400		1 A	8 A	1 V	1 A		0 μΑ	(1)
REDRESSEURS		100 à 90 100 à 100	0 V	40 à 400 40 à 500		1,5 A 5 A	10 A 20 A	1 V 1 V	1,5 A 5 A		0 μA 0 μA	(1)
MOULÉS		100 à 100	40 à 250		5 A	50 A	1.2 V	5 A		0 μΑ 0 μΑ	(2)	
	Fig. 27 - Pc							°C ; (2) 80 °			-	\-/
- T- 1	(Alimentation						b : 25 °C	, , , ,	, , ,			
						-411	10					

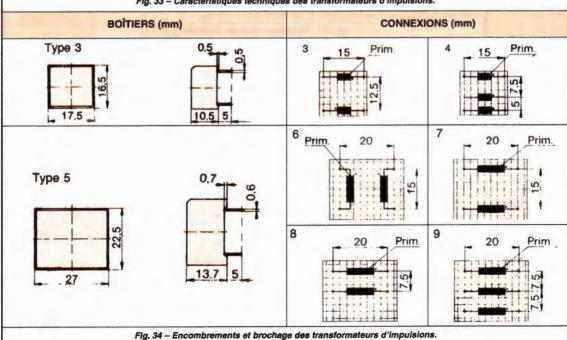
NPN			Туре	P totale	l <sub>e</sub>	V <sub>CEO</sub>		hore	à 4		V <sub>CF</sub> satur	ation à 4/4	ħ	C22b	tof	1
2012   221		1 m 150					mini.			(mA)						Boillers
28   221		The state						_	_		, ,				-	
2N 2222		2N 2221 A		0.5	0.8	40	40	1:	20	150	1	500/50	250	8	225	TO 18
23.6.4.		2N 2222		0.5	0,8	30	100	3	00	150	1,6	500/50	250	8	180	TO 18
23.6.4		2N 2222 A			0.8	40	100	3	00	150	1	500/50	300	8	225	TO 18
23.5.4   TRANSISTORS   ECOMMUNITOR   ECOMM						40	100	30	00	150	1.6	500/50	200	8	100	TO 18
Communication   Communicatio													200	8	100	TO 18
TRAINSTORS   BC 109	23.6.4.	BC 107		-	-		100	_	-				150	-		
COMMUTATION   Color														4		
23.6   28   1893	<b>DE COMMUTATION</b>															
Case   Pass utilitées   2N 2219		100														
CLAS PURS CURINGS		100												100	180	
2N 2905	(Les plus utilises)				, ,											
2N 2905 A   0,6   0,6   60   100   300   150   0,4   150/15   200   8   200   TO 39		LIVELION		-	-			-	_		-			_	-	
28   3053																
BC 301		2NI 2052	214 2303 A					-						-	200	
BC 303													100	13		
BSX 45   5		BC 301	DC 202	_				-	-					-	-	
Type		DOY 45	BC 303		-			_			_		50	05	05/	
Type   Sorise   Soitiers   A		BSX 45						_								10 39
Type			Fig. 28 – 1	ransist	ors de c	ommuta	ition e	et usa	age ge	énéral.	t <sub>case</sub> :	= 25 °C (Br	ochage	es § 23.	9.1.).	
Type		Type	Sortie	Roîtiere	R <sub>th</sub>	(j-c)	Sort	ie				1 - 2	-			
7805					(°C)	/W)		_		. ,			SO			
7 905   Négative   TO 220   2   -5   -35   -10   -7   1,5   2   2   2   2   2   3   3   3   -5   -35   -10   -7   1,5   2   2   2   2   3   3   3   3   3   17,5   1,5   2   2   3   3   3   3   3   3   3   3		1 200			2	2			3	5	10					
7 905		7805			4	1		5	3	5	10	7		1,5		
7 815		7 905	Négative	TO 220	2	2	-	5	- 3	5	- 10	- 7		1,5		2
7815		7 905	Négative	то з	3	3		5	- 3	5	- 10	- 7		1,5		2
To   Part   Par		7 815	Positive	TO 220	2	2	1	5	3	5	23	17,5		1,5		2
RÉGULATEURS INTÉGRÉS	23.6.5.	7 815	Positive	то з	4	1	1:	5	3	5	23	17,5		1,5		2
7 818 Positive TO 220 2 18 35 27 21 1,5 2  7 818 Positive TO 3 4 18 35 27 21 1,5 2  7 824 Positive TO 3 4 18 35 27 21 1,5 2  Pd = (Ve − Ve) I <sub>s</sub> (≤ 15 W) I <sub>s</sub> = 125 °C (avec radiateur approprie)  *Limitation interine du courant. Pour disposer d'un tel courant, il faut un montage parfait sur radiateur (Chapitre 24).  - Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.  Fig. 29 - Régulateurs Intégrés (Brochage § 23.9.1.)  **Type***    Dimension***   Ap. typ.   F maxi   Vy   (mW)   °C   (med)   Vy   (mA)   Rolliers      Rouge : CQX 54	RÉGULATEURS	7 915	Négative	TO 220	2	2	- 1	5	- 3	5	- 20	- 17		1,5		2
7 818	INTÉGRÉS	7 915	Négative	то з	3	3	- 1	5	- 3	5	- 20	- 17		1,5		2
7 824		7 818	Positive	TO 220	2	2	1	8	3	5	27	21		1,5		2
P <sub>d</sub> = (V <sub>6</sub> − V <sub>9</sub> ) V <sub>6</sub> (≈ 15 W) V <sub>7</sub> = 125 °C (avec radiateur approprié) * Limitation interne du courant. Pour disposer d'un tel courant, il faut un montage parfait sur radiateur (Chapitre 24).  — Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.  Fig. 29 − Régulateurs intégrés (Brochage § 23.9.1.)  Type Dimension Xp, typ. V <sub>7</sub> maxl (mm) (mA) (V) (mW) °C (med) (V) (mA) Boîtiers (mm) (mm) (mA) (V) (mW) °C (med) (V) (mA) Boîtiers (mm) (mA) (V) (mW) °C (med) (V) (mA) (M		7 818	Positive	то з	4	.	18	8	3	5	27	21		1,5		2
* Limitation interne du courant. Pour disposer d'un tel courant, il faut un montage parfait sur radiateur (Chapitre 24).  Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.  Fig. 29 – Régulateurs intégrés (Brochage § 23.9.1.)  Type Dimensions λρ. typ. l/μ maxi (mm) (mm) (mx) (V) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) (mx) °C (mx) (mx) (mx) (mx) °C (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx)		7 824	Positive	то з	4		2	4	4	0	33	27		1,5		2
* Limitation interne du courant. Pour disposer d'un tel courant, il faut un montage parfait sur radiateur (Chapitre 24).  Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.  Fig. 29 – Régulateurs intégrés (Brochage § 23.9.1.)  Type Dimensions λρ. typ. l/μ maxi (mm) (mm) (mx) (V) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) °C (mcd) (V) (mx) Boîtiers (mx) (mx) (mx) °C (mx) (mx) (mx) (mx) °C (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx) (mx)		$P_{d} = (V_{a} -$	V-) L (< 1	5 W) t.	= 125 °	C (avec	radiate	eur ai	pprop	rié)		1				
Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.   Fig. 29 - Régulateurs intégrés (Brochage § 23.9.1.)   Type		* Limitatio	n interne du	courant	Pour dis	sposer d	'un tel	cour	ant, il	faut ur	montag	e parfait su	r radiat	eur (Cha	apitre i	24).
Type																
Rouge : CQX 54					Fig. :	29 – Ré	gulate	urs i	ntégr	és (Br	ochage §	23.9.1.)				
Rouge : CQX 54				Di	mensions	λn tyn	/ <sub>c</sub> m	axi L	6 max	i	B. àt		l <sub>u</sub> et	V- à L	-	
Rouge : CQX 54			Туре				1				-	°C (mcc			mA)	Boîtiers
CQY 54 A		Rouge :	CQX 54		Ø5	630	3	0		-	-	3-9			10	SOD 63 A
Vert : CQX 64															20	
23.6.6. OPTO- ÉLECTRONIQUE  CNX 35		Vert :				-				1				-		
Dame   CQX 74	10.00												- 1			
23.6.6. OPTO- ÉLECTRONIQUE    COY 97 A		Jaune :		_		-	_	_		_	_		_	_		
23.6.6. OPTO- ÉLECTRONIQUE    Infrarouge : CQY 8 A1		oudino .														
### Processor   Page   Processor   Processor   Page   Processor   Page		Infrarouge					_	_		_			-			
23.6.6. OPTO-		milarougo	. Our on	FI-			1								100	000 0072
CPTO-   ELECTRONIQUE	23.6.6.			rig.	30 - DIO	des ele	ctroiu	mine	sceni	ies (Le	a) (Broc	nages g 23	.9.1.j.			
ELECTRONIQUE    Type				Diod	e		Tra	ansist	or NPN	4		Photo	coupleu	•		
(mA)		Type	/ maxi	V <sub>B</sub> ma	exi Pu	ot 1	CEO	I <sub>c</sub>		Ptot		CEW à Vw et	VCE	V	6	Boîtiers
CNX 38 100 3 200 80 100 200 200 1,5 10 4,4 SOT 90 B  Fig. 31 – Photocoupleurs boîtiers plastiques à transistor NPN.  Type			(mA)	(V)										(k	V)	
CNX 38 100 3 200 80 100 200 200 1,5 10 4,4 SOT 90 B  Fig. 31 – Photocoupleurs boîtiers plastiques à transistor NPN.  Type		CNX 35	100	3	20	0	30	10	0	200	200	1,5	10	4.	.4	SOT 90 B
Type V <sub>CEO</sub> maxi (v)																SOT 90 B
Type V <sub>CEO</sub> maxi (v)				Fi	a. 31 – P	hotoco	upleu	rs bo	îtiers	piastic	ues à tr	ansistor N	PN.	-		
BPX 72 D   30   25   180   0,8 -2   4,75   2 856   0,1   20   SOT 70			V -				-					1		1/		
BPX 95 C1 30 25 100 3 -15 1 930 0,1 20 SOD 63 D1 RTC 865 A1 30 25 180 0,7-1,3 1 930 0,1 20 SOT 70		Туре		,			1									Boîtiers
BPX 95 C1 30 25 100 3 -15 1 930 0,1 20 SOD 63 D1 RTC 865 A1 30 25 180 0,7-1,3 1 930 0,1 20 SOT 70		BPX 72 D	30		25	180		0,8 -2	2	4,75	2	856	0,1	20	5	OT 70
		BPX 95 C1	30		25	100		3 -1	5	1		930	0,1	20	5	SOD 63 D1
Fig. 32 – Phototransistors NPN (Brochages § 23.9.2.).		RTC 865 A	1 30										0,1	20	8	SOT 70
					Fig. 32	2 - Pho	totran	sisto	rs NP	N (Bro	chages	§ 23.9.2.).				

Ils permettent un isolement galvanique entre le circuit de commande et la gâchette d'un thyristor. (Amorçage des thyristors. Exemple: § 23.8.3.)

- Grandeurs caractérisant un transformateur d'impulsions :
- m : rapport de transformation.
- Ueff: valeur effective de la tension de service admissible.
- U: valeur effective de la tension d'essai admissible (tension d'isolement).
- temps de montée de l'impulsion transmise au secondaire.
- V.t.: surface tension/temps
  - Si V.t. = 250 V. us:
  - t impulsion = 250 µs, la hauteur de l'impulsion ne doit pas dépasser 1 V.
- Lp : inductance primaire mesurée à 1 kHz.
- Ro : résistance de l'enroulement primaire.
- Rs : résistance de(s) l'enroulement(s) secondaire(s).
- C : capacité de couplage entre enroulements.

m	U <sub>eff</sub> (V)	U <sub>I</sub> (kV)	V.t (Vµs)	<i>ξ</i> (με)	L <sub>p</sub> (mH)	R <sub>p</sub> (Ω)	R <sub>s</sub> (Ω)	C (pF)	Boîtier (Fig. 34)	Con- nexion (Fig. 34)	Poids (g)	
NT DE CO	MMANDI	E : 100 m	A-250 mA	TEMPS	DE MON	TÉE : 4 à	R <sub>L</sub> = 40 S	3				
1:1	380	4	300	1,2	3	0,75	0,75	7	5	8	13	
1:1	380	2,5	1 100	1	25	1,8	2,2	50	5	8	14	
1:1	1 000	4	300	2,3	3	0,8	0,8	7	5	7	13	
1:1	1 000	6	350	2,3	3	0,8	0,8	5	5	6	13	
1:1	750	4	250	1,1	2,2	0,7	0,7	8		3	6	
1:1:1	380	4	300	1,3	3	0,75	0,75	7	5	9	13	
1:1:1	380	3,2	180	1,3	1,1	0,5	0,5	6	3	4	6	
2:1	380	3,2	350	1,8	17	3	1,5	9	3	3	6	
2:1:1	380	3,2	330	3,3	17	2,7	1,3	9	3	4	6	
3:1:1	380	4	300	1	17	2	0,6	9	5	9	13	
NT DE CO	MMAND	E : 25 m/	- 100 m/	A. TEMPS	DE MON	ITÉE : 4 à	R <sub>L</sub> = 100	Ω				
1:1	750	4	500	1,2	8	1,4	1,4	10	3	3	6	
1:1:1	380	3,2	250	1	2,5	0,7	0,7	7	3	4	6	
2:1	750	4	200	0,4	7	1,8	1	7	3	3	6	
2:1:1	380	3,2	200	0,7	7	1,8	1	7	3	3	6	
3:1:1	380	3,2	200	0,7	15	2,6	0,8	9	3	4	6	
	NT DE CO	(V)  NT DE COMMANDI  1:1 380 1:1 1000 1:1 1000 1:1 750 1:1:1 380 2:1 380 2:1:1 380 2:1:1 380 3:1:1 380 NT DE COMMANDI  1:1 750 1:1:1 380 2:1 380 2:1:1 380 3:1:1 380  NT DE COMMANDI  2:1 750 2:1:1 380	M (V) (kV)  NT DE COMMANDE: 100 m  1:1 380 4 1:1 380 2,5 1:1 1000 4 1:1 750 4 1:1:1 380 3,2 2:1 380 3,2 2:1 380 3,2 2:1 380 3,2 3:1:1 380 4  NT DE COMMANDE: 25 mA  1:1 750 4 1:1:1 380 3,2 2:1 380 3,2 2:1 380 3,2 2:1 380 3,2 3:1:1 380 3,2 3:1:1 380 3,2 3:1:1 380 3,2 3:1:1 380 3,2	m         (V)         (kV)         (Vµs)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA           1 :1         380         4         300           1 :1         380         2,5         1 100           1 :1         1 000         4         300           1 :1         1 000         6         350           1 :1         750         4         250           1 :1 :1         380         4         300           1 :1 :1         380         3,2         180           2 :1         380         3,2         350           3 :1 :1         380         4         300           NT DE COMMANDE : 25 mA - 100 m/           1 :1 :1         380         3,2         250           2 :1         750         4         500           1 :1 :1         380         3,2         250           2 :1         750         4         200           2 :1 :1         380         3,2         200	m         (V)         (kV)         (Vµs)         (μs)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS           1 :1         380         4         300         1,2           1 :1         380         2,5         1 100         1           1 :1         1 000         4         300         2,3           1 :1         1 000         6         350         2,3           1 :1         750         4         250         1,1           1 :1 :1         380         4         300         1,3           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3           2 :1 :1         380         3,2         350         1,8           2 :1 :1         380         4         300         1           NT DE COMMANDE : 25 mA - 100 mA. TEMPS           1 :1 :1         380         3,2         250         1           1 :1 :1         380         3,2         250         1           2 :1 :1         380         3,2         250         1           2 :1 :1         380         3,2         250         1           2 :1 :1         380         3,2         200         0,7 <td>m         (V)         (kV)         (Vµs)         (μs)         (mH)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MON           1 :1         380         4         300         1,2         3           1 :1         380         2,5         1 100         1         25           1 :1         1 000         4         300         2,3         3           1 :1         750         4         250         1,1         2,2           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1           2 :1         380         3,2         350         1,8         17           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17           3 :1 :1         380         4         300         1         17           NT DE COMMANDE : 25 mA – 100 mA. TEMPS DE MON           1 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5           2 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5           2 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5&lt;</td> <td>m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : ξ à           1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8           1 :1         1 000         6         350         2,3         3         0,8           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17         2,7           3 :1 :1         380         4         300         1         17         2           NT DE COMMANDE : 25 mA - 100 mA. TEMPS DE MONTÉE : ξ è           1</td> <td>m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)         (Ω)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : <math>t_i</math> à <math>R_L</math> = 40 Ω           1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75         0,75           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8         2,2           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8         0,8           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7         0,7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5         0,5           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3         1,5           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17         2,7         1,3           3 :1 :1         380</td> <td>m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)         (Ω)         (pF)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : <math>t \ge R_L = 40 \ \Omega</math>           1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75         0,75         7           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8         2,2         50           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8         0,8         7           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7         0,7         8           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75         7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75         7           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5         0,5         6           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3         1,5         9           2 :1 :1         380         3,2<td>The component of the /td><td>m         <math>U_{eff}</math> (V)         <math>U_{f}</math> (V)         <math>V.T</math> (Vµs)         <math>U_{f}</math> (µs)         <math>U_{f}</math> (<math>U_{f}</math>)         <math>U_{f}</math> (<math>U_{f}</math>)</td></td>	m         (V)         (kV)         (Vµs)         (μs)         (mH)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MON           1 :1         380         4         300         1,2         3           1 :1         380         2,5         1 100         1         25           1 :1         1 000         4         300         2,3         3           1 :1         750         4         250         1,1         2,2           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1           2 :1         380         3,2         350         1,8         17           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17           3 :1 :1         380         4         300         1         17           NT DE COMMANDE : 25 mA – 100 mA. TEMPS DE MON           1 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5           2 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5           2 :1 :1         380         3,2         250         1         2,5<	m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : ξ à           1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8           1 :1         1 000         6         350         2,3         3         0,8           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17         2,7           3 :1 :1         380         4         300         1         17         2           NT DE COMMANDE : 25 mA - 100 mA. TEMPS DE MONTÉE : ξ è           1	m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)         (Ω)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : $t_i$ à $R_L$ = 40 Ω           1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75         0,75           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8         2,2           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8         0,8           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7         0,7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5         0,5           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3         1,5           2 :1 :1         380         3,2         330         3,3         17         2,7         1,3           3 :1 :1         380	m         (V)         (kV)         (Vµs)         (µs)         (mH)         (Ω)         (Ω)         (pF)           NT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : $t \ge R_L = 40 \ \Omega$ 1 :1         380         4         300         1,2         3         0,75         0,75         7           1 :1         380         2,5         1 100         1         25         1,8         2,2         50           1 :1         1 000         4         300         2,3         3         0,8         0,8         7           1 :1         750         4         250         1,1         2,2         0,7         0,7         8           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75         7           1 :1 :1         380         4         300         1,3         3         0,75         0,75         7           1 :1 :1         380         3,2         180         1,3         1,1         0,5         0,5         6           2 :1         380         3,2         350         1,8         17         3         1,5         9           2 :1 :1         380         3,2 <td>The component of the /td> <td>m         <math>U_{eff}</math> (V)         <math>U_{f}</math> (V)         <math>V.T</math> (Vµs)         <math>U_{f}</math> (µs)         <math>U_{f}</math> (<math>U_{f}</math>)         <math>U_{f}</math> (<math>U_{f}</math>)</td>	The component of the	m $U_{eff}$ (V) $U_{f}$ (V) $V.T$ (Vµs) $U_{f}$ (µs) $U_{f}$ ( $U_{f}$ )	

Fig. 33 - Caractéristiques techniques des transformateurs d'impulsions.



			171	7 -		Caractéristiques							
22 0 4	Туре	Fonctions	Offset (mV)	Offset	Gain Bande	Polarisation	Alime	ntation ni (V)	V <sub>dd</sub> (V)	Réponse	Sortie (mA)	Entré (V)	
23.8.1. MPLIFICATEURS	TL 081	AO	5	25 pA	4 MHz	50 pA	± 2	± 18	± 30	13 V/µs	1	± 1:	
PÉRATIONNELS	LM 358	2 × AO	2	5 nA	1 MHz	45 nA	± 3	± 16	± 30	200 V/µs	10	± 3	
ET	μΑ 741	AO	2	20 nA	50 10 <sup>3</sup>	80 nA	± 3	± 18	± 30	0,5 V/µs	5	± 1	
OMPARATEURS	μA 747	2 × AO	2	20 nA	50 10 <sup>3</sup>	80 nA	± 3	± 22	± 30	0,5 V/µs	5	± 1	
	LM 393	Comparateur	1	5 nA	200.10 <sup>3</sup>	25 nA	± 2	± 18	± 30	300 ns		3	
	(Brochag	es § 23.9.2.)											
						Caractéristique							
		n (V <sub>∞</sub> )			V mini ; 16 \			euil		e Vcc			
		réponse			mA maxi			euil	, ,	A ; 0,1 mA			
										$V (V_{cc} = 15 V)$	; 3,3 V (	/ <sub>cc</sub> = 5	
	Tension de	déclencheme	nt	1/3		P. dis	sipable.		500 r	mW			
	Courant de	déclencheme	_		μА	Boîtie	r		DIL (	8 broches)			
			MONOS	TABLE	V	× V.	T	F	1	4 1	/。		
					10 k		4	8	1 1				
					1 n	2		,				_	
							NE S	555			T		
23.8.2			110	R ≤ 20 Ms		4		7					
TIMER					2 1	/•   F	1	5		1	C <sub>e</sub>		
NE 555	Notes		<i>T</i> ≃ 1,1	HC.		V.	10	nF_C	; 🛓				
	d'applicat	ion			0	v I				. +	T	-	
											1		
			(Rappor	t cyclique v	ariable)	4		T		+ Voc Vs			
					,	4		8	R	,		,	
			$R_1 \ge 1 \text{ k}\Omega.$ $R_2 \ge 1 \text{ k}\Omega.$										
			$R_1 + R_2 \le 20 \text{ M}\Omega$ . NE 555										
								D		v. 1			
			/~ (R₁	$\frac{1,44}{+ R_2) C}$		1		2		s	ПГ	-	
			$\alpha = \frac{t_1}{t_1}$	$= \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	_	V <sub>s</sub>	C			11		t	
	(Brochag	es § 23.9.2.)	T	$R_1 + R_2$	2			I		-	T		
	1 77				Cara	actéristiques (m	axi)						
	Tension d'a	alimentation (V	16 – 1)		1	8 V. Plage	de fond	tionnem	ent :				
	Courant de	sortie (I14 et I	15)		40	O IIIA. I						18 V	
	Courant de	synchronisati	on (I <sub>5</sub> )		20						-25 8	500	
	Courant de	sortie broche	s (12, 13, 1	4, 4)	1		•				DIL 16		
		lication pour le								A11210			
		un pont mixte ansformateurs											
	d'impulsion		B.C.										
00.00	(Exemple:		4.7 kΩ		220 100								
23.8.3. ÉCLENCHEUR		5 est un circuit	I		# BYNC								
DE TRIACS		nde par dépha-	1N4005 32									T	
OU DE	de 0 à 180	int d'amorçage			0,47 µF			47 kg			A	*	
THYRISTORS	Les sorties	114 et 115 don-		_		10016	BAY 61 220 (	, I					
TCA 785		pulsions déca-		15 V 2 10 KG	A T	2 3 4 4 15 14 13	<del>- N</del>	-			TT	-	
		0° (largeur des : 40 μs) les					BAY 61 220 0	5	TH 2	712 . 2.2 k	·0	A.	
		s / <sub>14</sub> et / <sub>15</sub> peu-		1 1		5 12 ±0.2	22 ki)	10 10		Y   L			
		accordées pour				7 10 9		10000	L.,	001	Thi	The	
		la commande u de thyristors				22 10	c,,	C 12			<b>*</b>	本	
		tête-bêche.				0.1 µF	p"T	T					
				1		100 KD				1		1	
	La tension	V <sub>RM</sub> peut être		-	٠								
	La tension de 230 V	$V_{RM}$ peut être . 50 Hz pour 20 kΩ. et $R_{LM}$		-	J.,								

#### Caractéristiques (maxi) Note: un asservissement de température peut être obtenu en remplacant R1 par une thermistance Tension d'alimentation (V<sub>11-13</sub>) 16 V Courant d'alimentation (I16) ...... 30 mA Nota: Si R<sub>p</sub> = 10 % ...... P charge = 0 % Impulsion de sortie (I<sub>3</sub>) ...... 400 mA Si R<sub>p</sub> = 90 % ...... P charge = 100 % Durée de l'impulsion ...... 300 μs 10 % ≤ R<sub>0</sub> ≤ 90 % ...... P charge varie de façon linéaire Boîtier ..... DIL 16 Note d'application pour la commande de puissance à bande proportionnelle 2 kW 230 V 50 Hz. $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 4.7 \text{ k}\Omega$ 23.8.4. $R_{\rm p} = 47 \text{ k}\Omega$ COMMANDE Charge $R_{\rm D} = 5.6 \, \text{k}\Omega \, (7 \, \text{W})$ DE CHAUFFAGE $R_S = 220 \text{ k}\Omega$ TDA 1023 $R_G = 110 \Omega$ 230 V 50 Hz $C_S = 220 \, \mu \text{F} \, (16 \, \text{V})$ **TDA 1023** 06 $C_{\rm T} = 47 \, \mu \text{F} \, (25 \, \text{V})$ 12 $D_1 = 1 \text{ N } 4004$ R, VDR = ZnO, 350 V, 1 mA Triac = 15 Aeff 400 V Charge = 2 kW (pleine conduction) 23.9. BROCHAGES DES COMPOSANTS **BOÎTIERS TO 18/39: BOÎTIER TO 220:** - Régulateurs série 78 xx 1 : entrée non régulée (Vue de dessous) 2 : sortie régulée E: émetteur 3 : masse reliée au boîtier B: base C : collecteur. Régulateurs série 79xx 1: masse 2 : sortie régulée 23.9.1. Boîtier 3 : entrée non régulée **BROCHAGES** reliée au boîtier DES SEMI-**BOÎTIERS TO 3/66: BOÎTIERS SOD 53/63:** CONDUCTEURS (Vue de dessous) Régulateurs : (brochages identiques au boîtier TO 220) + anode Transistors: cathode 1: base 2 : émetteur 3 : collecteur relié au boîtier BOÎTIERS SOT/SOD/DIL 6: BOÎTIERS DIL 8 (NE 555): BOÎTIER DIL 8 (LM 358/393) : Photo-transitor 1:0V 1: anode 2 : déclenchement 2 : cathode 3 : sortie A01: indice 1 3: NC 4 : remise à zéro A02: indice 2 4 : émetteur 5 : contrôle S: sorties 5 : collecteur 6 : seuil e : entrées 6: base 23.9.2. 7 : décharge 8: + Vcc **BROCHAGES** S2 e2 e2 -V Diode DES CIRCUITS BOÎTIER DIL 8 (TL 081/µA 741) : **BOÎTIER DIL 14 (μΑ 747):** INTÉGRÉS **ANALOGIQUES** NC +V S Of

NC: non

 connectée

Of : réglage de l'offset

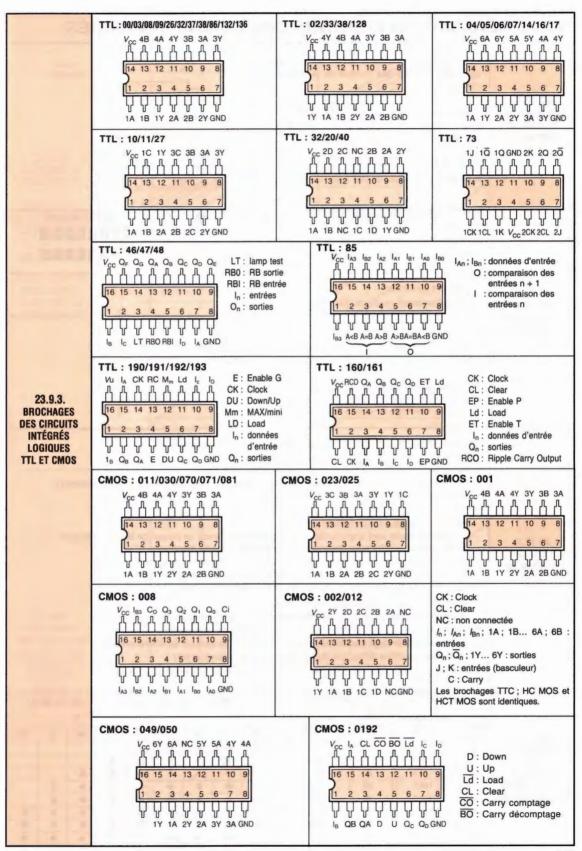
e : entrées S : sortie NC: non connectée

e : entrées

S: sorties A01: indice 1 A02: indice 2

et Of, -V Of, et

Of : réglage de l'offset



# 23.10. RÉALISATION PRATIQUE DES CIRCUITS IMPRIMÉS

23.10.1.
ENTRAXE DE
FIXATION DES
COMPOSANTS

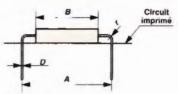
 L'entraxe des connexions, après cambrage, doit correspondre à un pas multiple de la grille normalisée.

• Grille normalisée : 2,54 × 2,54 mm

• Le rayon de courbure des connexions ne doit pas être inférieur à 1,5 D ( $r \ge 1,5$  D)

A = B + 4 (1 + D) en mm.

à arrondir au multiple du pas supérieur.



Cambrage des connexions

A: entrées de fixation

B: longueur du corps

D : diamètre de la connexion

	CIRCUIT INTÉGRÉ	0		0		CIRCUIT INTÉGRÉ
ı	Diamètre du trou de perçage en mm	0,4	0,6 2,8	0,8	3,6	0000000
	Diamètre extérieur de la pastille en mm	(1)	2,0	(1)	0,0	0000000 (2)

# 23.10.2. PASTILLES ET LARGEURS DE RUBAN

23.10.3.

RÈGLES

**GÉNÉRALES** 

- (1) Valeurs courantes
- (2) Représentation courante (DIL 16)

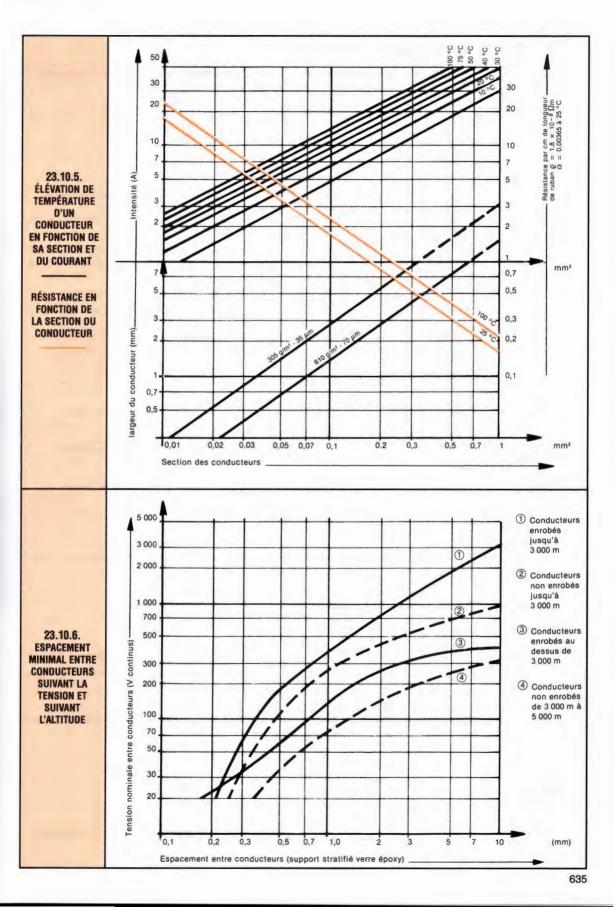
**RUBANS**: (Bandes conductrices)

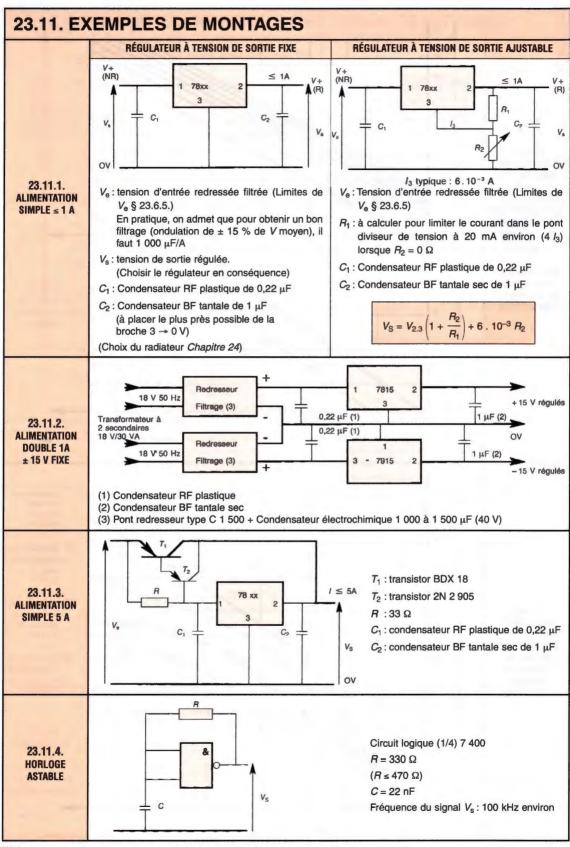
Largeurs recommandées sous réserve de répondre aux conditions énoncées (§ 23.10.5.)

0,32 (1) ; 0,45 (2) ; 0,6 ; 0,8 (3) ; 1 ; 1,3 ; 1,45 ; 1,6 ; 2 ; 2,5 mm

- (1) largeur minimale en classe 3.
- (2) largeur minimale en classe 2.
- (3) largeur minimale en classe 1.
- Choisir le format de la carte dans les dimensions recommandées (§ 23.10.4.).
- Définir le type de raccordement vers l'extérieur (enfichable, bornier...).
- Disposer les pastilles au pas normalisé de la grille (§ 23.10.1.).
- Réaliser les liaisons les plus courtes possibles (utiliser de préférence des éléments adhésifs).
- Prévoir un nombre limité de perçages différents.
- Prévoir une disposition aérée des composants.
- Ne faire passer qu'une connexion par trou.
- Si les composants sont trop lourds (m > 16 grammes) prévoir un moyen de fixation adéquat (bague, rilsan...) évitant les phénomènes de vibrations ou de résonance.
- Disposer de préférence les composants parallèlement aux bords de la carte.
- Prévoir la possibilité de lire la valeur des composants lorsqu'ils sont montés.
- Fixer les composants sans contraintes au niveau des connexions (§ 23.10.1.).
- Note: Concernant la réalisation du masque.
  - Éviter les angles aigus (faire des raccordements à angle droit).
  - Éviter les trop grosses surfaces de cuivre (difficultés de soudage).
  - Éviter de placer deux pastilles trop près l'une de l'autre (prévoir au moins un pas).
  - Placer les pastilles dans l'axe du conducteur (bande conductrice).
- Réaliser un ruban de cuivre de 5 mm autour de la carte (à raccorder à la masse).

	L	ARGEUR (1)	L	UNGUEUR (L)		ASS		S RECON		ES	•	-	L	
	Nombre	Valeurs nominales	Nombre	Valeurs nominales		(Nombre de pas)						* /		
23.10.4.	de pas	en mm	de pas	en mm	0	30	40	50	60	70	80	90	100	
DIMENSIONS	24	61	30	76,2	24	•	•	•	•					
DES	31	78,7	40	101,6	31	•	•	•	•	•				
CARTES ET	38	96,5	50	127	38	•	•	•	•	•	•			
ASSOCIATIONS	42	106,7	60	152,4	42	•	•	•	•	•	•	•		
RECOMMANDÉES	45	114,3	70	177,8	45	•	•	•	•	•	•	•	-	
	47	119,4	80	203,2	47	•	•	•	•	•	•	•	•	
	52	132,1	90	228,6	52	•	•	•	•	•	•	•	•	
	59	149,9	100	254	59	•	•	•	•	•	•	•	•	





# 24. ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

# 24.1. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR ET PROTÉGER LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE

DE	PUISSANG	JE
	CARACTÉRISTI- QUES GÉNÉRALES DE L'UTILISATION	Il faut connaître:  — le courant moyen redressé nécessaire à l'utilisation,  — la tension moyenne redressée nécessaire aux bornes de l'utilisation,  — l'ondulation maximale admise par l'utilisation (dans le cas le plus défavorable, sur charge purement résistive, par exemple).
	ADAPTATION AU RÉSEAU À COURANT ALTERNATIF	L'adaptation dépend principalement :  - de la puissance mise en jeu ; on peut admettre en règle générale :  - redressement monophasé : P ≤ 8 kW  - redressement triphasé simple alternance : 8 < P ≤ 22 kW,  - redressement triphasé double alternance 22 < P ≤ 100 kW,  - redressement hexaphasé : P ≥ 100 kW.  - des tensions côté alternatif - côté continu :  - choix d'un transformateur adaptant les deux sources.
	CHOIX DES DIODES	Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :  - courant moyen redressé par diode,  - tension inverse de crête répétitive,  - courant de crête répétitif par diode,  - point commun des électrodes (anode ou cathode reliée au boîtier).
	PROTECTION DES DIODES	Protection contre les courts-circuits ; deux cas sont à envisager : (Fig. 1)  - défaut externe : court-circuit entre A et B ( )  - défaut interne : court-circuit, claquage d'une diode ( - )
24.1.1. DIODES (REDRESSEMENT NON CONTRÔLÉ)		Fig. 1  Defaut Interne  Day  Defaut Externe
		Pour choisir le fusible il faut connaître :  - la position du fusible (en ligne ou en série) avec la diode à protéger,  - la tension de rétablissement,  - la valeur efficace du courant traversant le fusible,  - les contraintes thermiques fusible et semi-conducteur (/²t en A²s),  //²t fusible < //²t semi-conducteur
		– la température ambiante : $\theta_{\rm a}$ et le type de refroidissement, – le nombre de fusibles placés en série avec le court-circuit présumé.
		Protection thermique : l'échauffement d'un semi-conducteur est limité par le dissipateur sur lequel il est monté.  Pour choisir un dissipateur il faut connaître :  - la température ambiante maximale : θ <sub>a</sub> ou t <sub>a</sub> - la température maximale de la jonction t <sub>vj</sub> (donnée par le constructeur),  - la résistance thermique jonction-boîtier : R <sub>th cr</sub> (donnée par le constructeur),  - la résistance thermique boîtier-radiateur : R <sub>th cr</sub> (donnée par le constructeur),  - la puissance à dissiper : elle peut se mettre sous la forme :  P <sub>d</sub> : puissance à dissiper  V <sub>FM</sub> : tension directe de crête  I <sub>o</sub> : courant direct moyen dans la diode  P <sub>d</sub> = V <sub>FM</sub> I <sub>o</sub> (§ 24.1.5.)

100	CARACTÉRISTI- QUES GÉNÉRALES DE L'UTILISATION	Il faut connaître:  — le couple courant moyen et tension me (un thyristor ne peut pas commander le coute la plage de réglage de l'angle de cou (Choix des thyristors § 24.3.).	ourant maximum pour	
- 180	ADAPTATION AU RÉSEAU	Critères identiques à ceux décrits pour les	diodes § 24.1.1.	
	CHOIX DES THYRISTORS	Le choix se fait à partir des caractéristi  — courant moyen redressé par thyristor,  — tension inverse de crête répétitive (on ac  — courant de crête répétitif par thyristor,  — courant efficace par thyristor (on admet  — courant de gâchette pouvant être fourni  — point commun des électrodes (anode ou	dmet un coefficient de s généralement une cha par le déclencheur,	rge de 80 %),
	PROTECTION DES THYRISTORS	Protection contre les courts-circuits :  - défaut interne (Fig. 1),  - défaut externe (Fig. 1),  Le choix du fusible se fait suivant les mên tion des diodes (§ 24.1.1.).	nes critères que ceux p	prévus pour la protec-
		Protection thermique par dissipateur :  Pour choisir un dissipateur, il faut conn  - la température ambiante maximale : $\theta_a$ d  - la température maximale de la jonction $\theta_a$ - la température maximale du boîtier : $t_{cas}$ - la résistance thermique boîtier-radiateur  - la puissance à dissiper ; elle peut se me  P <sub>d</sub> : puissance à dissiper  P <sub>d</sub> = V <sub>TM</sub> I <sub>o</sub> (§ 24.1.5.)	ou $t_a$ , $t_y$ (donnée par le const $t_a$ ) (donnée par le constr : $R_{th\ cr}$ (donnée par le ttre sous la forme :	ructeur),
24.1.2. THYRISTORS (REDRESSEMENT CONTRÔLÉ)		Protection contre les dV/dt: Généralement un circuit RC branché com qu'une croissance trop grande de la tension ristor, on peut ajouter une diode (Fig. 3).		
		P C		JII.c
		Fig. 2 – Protection courante contre les dV/dt.	Fig. 3 – Protection amé	eliorée contre les dV/dt.
		The control of the co	-	

Calibre en A eff	R en Ω (230 V)	R en Ω (400 V)	C en µF
1 à 3 A	47 Ω 0,5 W	68 Ω 1 W	0,047 µF
4 à 16 A	33 Ω 0,5 W	56 Ω 1 W	0,1 µF
25 à 50 A	22 Ω 0,5 W	39 Ω 1 W	0,22 µF
63 à 140 A	18 Ω 0,5 W	27 Ω 1 W	0,47 µF

Fig. 4 – Valeurs usuelles pour les protections associées aux thyristors (f = 50 Hz).

#### Protection contre les di/dt:

 la tenue en di/dt: d'un thyristor dépend principalement de la forme du signal de gâchette et de l'amplitude du signal principal.

Dans la plupart des circuits classiques à commutation naturelle, l'inductance du réseau ou de la charge limite le di/dt à des valeurs faibles (0,4 A/ $\mu$ s sous 230 V avec 1 mH). Dans le cas des circuits à commutation forcée, le di/dt peut être limité :

- en amorçant le thyristor par un courant de gâchette important (5  $I_{GT}$  environ) à faible temps de montée (1  $\mu$ s environ). Il faut respecter  $P_d$  de la gâchette.
- en retardant l'établissement du courant principal à l'aide d'une inductance de façon à respecter la condition de test suivante :

t≥	I <sub>TM</sub>
12	2 di dt

t: temps d'établissement du courant principal en  $\mu$ s  $I_{TM}$ : courant de crête en A à l'état passant du thyristor (donné par le constructeur)

di/dt: vitesse critique de croissance du courant en A/µs à l'état passant du thyristor (donnée par le constructeur).

	CARACTÉRISTI- QUES GÉNÉRALES DE	Il faut connaître :  - la tension de fond - le courant efficac			conduction) a	bsorbé par la cha	rge.
	L'UTILISATION	APPLICATIONS TYPIQUES	UTILISATION	- Contract of the Contract of	ÉRISTIQUES ICIPALES	DÉCLENCHEMENT	SUFFIXE DES TYPES
		Chauffage électrique Gradateur de lumière Variateur de puissance	Standard		hement qua- Il et III spé-	Diac, TUJ, TUP transistor, micro-contact.	В
		Commande de relais, transformateurs moteurs	Industrielle	d V/dt > 100 V/µs Déclenchement que drants I et III spécifié		Diac, micro- contact, pont redresseur	М
		Applications professionnelles : contrôle de petites et moyennes puissances	Professionnelle	dans les		Transistor, circuit intégré, circuit logique	C, D
		Fig.	. 5 – Guide de ch	oix des tria	cs suivant les	applications.	
	ADAPTATION AU RÉSEAU	Généralement en     Par transformateu					
24.1.3. TRIACS	DÉFINITION DES QUADRANTS	Anode 2	Quadrant de déclenchement	Polarité par rapport à A <sub>1</sub> de A <sub>2</sub>   de G	Quadrant II	ectrode A <sub>2</sub> Électrode A <sub>2</sub>	Quadrant I
			Q. I	+ +	- Gate	卒   卒	Gate +
		Grille	Q. II	+ -		ectrode A <sub>1</sub> Électrode A <sub>1</sub> ectrode A <sub>2</sub> Électrode A <sub>2</sub>	
		Anode 1	Q. III		- Gate	* *	Gate +
			Q. IV	- +	I <sub>GT</sub> Éle	ectrode A <sub>1</sub> Électrode A <sub>1</sub>	/ <sub>GT</sub> Quadrant IV
		Symbole du triac	Polarités A <sub>2</sub> e	G/A <sub>1</sub>	Quadrant III		dudurant 19
			Fig. 6	– Commar	nde du triac.	,	
	CHOIX DES TRIACS	Le choix se fait à - courant efficace p - tension inverse de - courant de crête i - application typiqu - courant de gâche - anode isolée ou r	par triac (on adn e crête répétitive répétitif par triac e donnant le su tte suivant le qu	net généra e (on adme e, ffixe du typ	lement 80 % et un coefficie	de I <sub>T (rms)</sub> ), ent de sécurité de	2 à 3),
	PROTECTION DES TRIACS	Protection contre  – le choix des fusib			es critères qu	u'au § 24.1.1.	
		Protection thermic  – le choix du dissipa			et de t <sub>case</sub> do	onnées par le cons	structeur.

	Les transistors se puissances que l	nsistors dans les hacheurs de petites et moyennes puissances.  e prêtent également à la réalisation d'onduleurs autonomes dans les mêmes gammes de es hacheurs. Ils sont très utilisés dans les alimentations stabilisées.  les thyristors sont également très utilisés en hacheurs et en onduleurs autonomes pour nces.
	CARACTÉRIS- TIQUES DE L'UTILISATION (Fonctionnement en commutation)	Il faut connaître:  - la tension continue maximale sous laquelle la charge peut fonctionner,  - le courant continu maximum pouvant être absorbé par la charge,  - la fréquence de commutation (souvent quelques kHz)
	ADAPTATION AU RÉSEAU	Elle se fait directement à partir du réseau à courant continu (cas du hacheur).
24.1.4. Transistors	CHOIX DES TRANSISTORS	Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes:  - courant maximum commuté (état passant),  - tension maximale à bloquer (état bloqué),  - courant de commande disponible (I <sub>b</sub> de saturation),  - temps total d'établissement (retard à la commutation),  - fréquence de commutation.
	PROTECTION DES TRANSISTORS	Protection contre les courts-circuits par fusibles Protection thermique par dissipateur : le choix du dissipateur se fait à partir :  - de la température ambiante : $\theta_a$ ou $t_a$ ,  - de la température maximale de jonction : $t_{ij}$ (donnée par le constructeur),  - de la résistance thermique jonction-boîtier : $R_{th jc}$ (donnée par le constructeur),  - du montage sur le dissipateur : résistance thermique boîtier-dissipateur : $R_{th cr}$ ,  - de la puissance maximale dissipable $P_{max}$ (donnée par le constructeur),  - de la puissance à dissiper, elle peut se mettre sous la forme : $P_d : \text{puissance à dissiper en W}$ $I_C : \text{courant collecteur en A}$ $I_b : \text{courant base en A}$ $V_{CES} : V_{BES} : \text{tensions de saturation en V.}$ Protection du transistor en commutation : $D : \text{diode de roue libre plus rapide que T (protection contre les surtensions)}$ $C, r : \text{protection à l'ouverture de T}$
		mettant de déterminer $P_d$ dans les § 24.1.1. et 24.1.2. sont approximatives. récis de $P_d$ est parfois nécessaire, les pertes en conduction directe se calculent de la
	$P_{\text{cond}} = P_{\text{d}} = \frac{1}{T}$	$I_t$ : courant traversant le composant $V_t$ : tension aux bornes du composant dans le sens passant.

24.1.5. REMARQUE CONCERNANT LE CALCUL DE LA PUISSANCE À DISSIPER Pd

$$P_{\text{cond}} = P_{\text{d}} = \frac{1}{T} \int_{0}^{T} i_{1} v_{1} dt$$

Si on connaît les caractéristiques du composant à l'état passant, la relation devient :

$$P_{\rm d} = E_{\rm o} I_{\rm o} + R_{\rm o} I_{\rm eff}^2$$

Pd: puissance à dissiper en W

Eo: seuil de conduction (ordre du volt)

R<sub>o</sub>: résistance dynamique (ordre de quelques mΩ)

Io: valeur du courant moyen en A

leff: valeur du courant efficace en A

Eo et Ro donnés par le constructeur

Io et Ieff à calculer

Dans le cas du triac, Pd se détermine à partir des courbes constructeur ; on peut admettre en première approximation la relation suivante :

$$P_{\rm d} = V_{\rm TM} I_{\rm o}$$

V<sub>TM</sub>: tension directe de crête à l'état passant

lo: courant moyen sur une alternance à l'état passant

# 24.2. CHOIX DES DIODES

# 24.2.1. TABLEAU DE CORRESPONDANCE COURANT/TENSION (APPLICABLE AU REDRESSEMENT)

(Arra	-10/10		0 112	DITLOGE	,				
SCH	ÉMAS								
TENSIONS COURANTS (Charge résistive)		N 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	\(\frac{1}{2}\)	V <sub>2</sub> V <sub>3</sub>	V 10				
Tension inverse de crête appliquée aux diodes	V <sub>RRM</sub> V <sub>d</sub>	3,14	3,14	1,57	2,10	1,05	2,10	2,42	
Tension efficace d'ali- mentation (Secondaire transformateur)	$\frac{V_{\text{vo}}}{V_{\text{d}}}$	2,22	2,22	1,11	1,48	0,74	1,28	1,48	
Tension efficace d'ali- mentation entre phase et neutre	$\frac{V_{\rm a}}{V_{\rm d}}$	-	1,11	-	0,855	0,427	0,74	0,855	
Tension efficace d'ali- mentation entre phases opposées	-	-	2,22	-	-	-	1,48	-	
Valeur efficace de la ten- sion redressée	$\frac{V_{\rm d}({\rm eff})}{V_{\rm d}}$	1,57	1,11	1,11	1,017	1,001	1,001	1,001	
Chute de tension dans les diodes ramenée côté alternatif	ΔU	<b>~</b> 1,2	≃ 1,2	≃ 2,4	≈ 2,08	≃ 2,4	≈ 2,08	≈ 2,08	
Taux ondulation β	$\sqrt{F^2-1}$	121 %	48 %	48 %	18,3 %	4,2 %	4,2 %	4,2 %	
Courant moyen redressé par diode	lo la	1	0,5	0,5	0,333	0,333	0,166	0,166	
Courant efficace par diode	1/ <sub>1</sub> / <sub>d</sub>	1,57	0,786	0,786	0,577	0,577	0,408	0,29	
Courant efficace en ligne	1/d	1,57	0,786	1,11	0,577	0,816	0,408	0,29	
Valeur efficace du cou- rant redressé	I <sub>d</sub> (eff)	1,57	1,11	1,11	1,017	1,001	1,001	1,001	
Courant de crête répétitif par diode	/FRM /d	3,14	1,57	1,57	1,21	1,05	1,05	0,6	
Puissance apparente au secondaire du transfor- mateur en VA	Ps	3,49 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,75 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,23 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,48 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,05 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,81 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,48 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	
Puissance apparente au primaire du transformateur en VA	Pp	3,49 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,23 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,23 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,23 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,05 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,28 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,05 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	
Puissance moyenne du transformateur en VA (P <sub>i</sub> )	$\frac{P_s + P_p}{2}$	3,49 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,49 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,23 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,35 / <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,05 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,55 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	1,265 I <sub>d</sub> V <sub>d</sub>	
Fréquence ondulation Fréquence alimentation	f <sub>r</sub> f <sub>i</sub>	1	2	2	3	6	6	6	
Puissance (§ 24.1.	1.)	Р	etites puis	sances	Puissance	s moyennes	Grandes puissances		
		- à la v	aleur mo	yenne de la te	ension redres	coefficients par ssée aux borne é dans la charç	es de la charge Vo		

Définition des différentes grandeurs § 24.2.2.

## 24.2.2. **DÉFINITION DES** GRANDEURS CARACTÉRISANT UNE DIODE DE REDRESSEMENT

Courants:

: courant direct continu : courant direct moyen : courant inverse continu

IFRM : courant direct de pointe répétitif

IFSM : courant direct de pointe non répétitif de surcharge accidentelle

IFM : courant direct de crête

Autres caractéristiques :

t<sub>case</sub> : température du boîtier maxi t<sub>vi</sub> : température maximale de la jonction

**Tensions** 

 $V_{\mathsf{F}}$ : tension directe continue V<sub>FM</sub> : tension directe de crête

V<sub>RRM</sub> : tension inverse de crête répétitive V<sub>RWM</sub>: tension maximale d'utilisation en régime

inverse.

V<sub>RSM</sub>: tension inverse de pointe non répétitive

: tension inverse continue

: contrainte thermique

: temps de recouvrement inverse.

The	1	TYPES	/ <sub>F</sub> (A)	<i>I</i> <sub>0</sub> (A)	V <sub>RWM</sub> V <sub>RRM</sub> V <sub>R</sub> (V)	/FRM	10 ms	V <sub>FM</sub> @ V <sub>FM</sub>	/ <sub>R</sub> (mA)	Boîtier Case
	1 A	/ tem	b = 150 °C	$t_{\rm vj} = 1$	75 °C	$I^2t = 100$	A <sup>2</sup> s	/ <sub>F</sub> = 1 A	£ <sub>ij</sub> = 150 °C	
	1N 4001 1N 4002 1N 4004 1N 4007		1	1	50 100 400 1 000	5	10	1,1	0,05	DO 4
	3 A	/ t <sub>am</sub>	b = 150 °C	$t_{\rm vj} = 1$	75 °C	$I^2t=200$	A <sup>2</sup> s	/ <sub>FM</sub> = 10A	£ <sub>ij</sub> = 150 °C	
	1N 1581, (R) 1N 1582, (R) 1N 1583, (R) 1N 1584, (R) 1N 1585, (R) 1N 1586, (R) 1N 1587, (R)		3,2	3	50 100 200 300 400 500 600	15	200	1,2	0,5	DO 4
	6 A	/ t <sub>cat</sub>	e = 150 °C	$t_{\rm vj} = 1$	75 °C	$l^2t=200$	A <sup>2</sup> s	I <sub>FM</sub> = 20A	£ <sub>d</sub> = 150 °C	
	1N 1341 B, (F 1N 1342 B, (F 1N 1344 B, (F 1N 1345 B, (F 1N 1345 B, (F 1N 1347 B, (F 1N 1348 B, (F 1N 3988 , (F 1N 3990 , (F	3) 3) 3) 3) 3) 3) 3) 3)	7	6	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000	30	200	1,2	0,5	DO 4
	12 A	/ t <sub>cat</sub>	e = 125 °C	$t_{\rm vj} = 18$	50 °C	$l^2t=260$	A <sup>2</sup> s	/ <sub>FM</sub> = 35A	<i>t</i> <sub>yj</sub> = 125 °C	
24.2.3. CHOIX DES DIODES (FICHES TECHNIQUES)	G, P 510, (F G, P 1010, (R G, P 2010, (R G, P 3010, (R G, P 4010, (R G, P 6010, (R G, P 8010, (R G, P 1110, (R G, P 1210, (R	)/FR 55A )/FR 56A )) //FR 57A )) //FR 58A )/FR 59 )/FR 61	14	12	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000 1 200	45	230	1,2	3	DO 4 (G) S95 a (P)
	20 A	/ t <sub>cat</sub>	e = 150 °C	$t_{\rm vj} = 17$	75 °C	$l^2t = 100$	00 A <sup>2</sup> s	I <sub>FM</sub> = 70A	£₁ = 150 °C	
	1N 248 B, (F 1N 249 B, (F 1N 250 B, (F 1N 1195 A, (F 1N 1196 A, (F 1N 1197 A, (F RN 820, (F RN 1120, (F RN 1120, (F RN 1520, (F	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	24	20	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000 1 200 1 500	90	450	1,5	5	DO 5
	40 A	/ t <sub>cas</sub>	e = 140 °C	$t_{\rm vj} = 17$	75 °C	$l^2t=250$	00 A <sup>2</sup> s	I <sub>FM</sub> = 110A	£₁ = 150 °C	
	1N 1184, (R) 1N 1186, (R) 1N 1187, (R) 1N 1188, (R) 1N 1189, (R) 1N 1190, (R) 1N 3766, (R)	- 1N 1183 T, (R) - 1N 1184 T, (R) - 1N 1186 T, (R) - 1N 1187 T, (R) - 1N 1188 T, (R) - 1N 1189 T, (R) - 1N 1190 T, (R) - 1N 3766 T, (R) - 1N 3768 T, (R)	48	40	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000	200	700	1,5	5	DO 5 T, DO 5 tresse
	60 A	/ t <sub>cas</sub>	e = 100 °C	$t_{\rm vj} = 15$	50 °C	$l^2t=5~00$	00 A <sup>2</sup> s	/ <sub>FM</sub> = 180A	<i>L</i> <sub>ej</sub> = 150 °C	
	RG 604, (R) RG 606, (R) RG 608, (R) RG 610, (R)	RG 602 T, (R) RG 604 T, (R) RG 606 T, (R) RG 608 T, (R) RG 610 T, (R) RG 612 T, (R)	70	60	200 400 600 800 1 000 1 200	200	1 000	1,6	200	RG T, RG tresse
		anode au boît								-

	n	PES		/ <sub>F</sub>	/ <sub>6</sub> (A)	V <sub>RWM</sub> V <sub>RRM</sub> V <sub>R</sub> (V)	/FRM	10 ms	VFM @ VFM (V)	/R (mA)	Boîtier Cas
	100 A	1	t <sub>case</sub> =	100 °C	t <sub>vi</sub> = 1	50 °C	/2t = 11 2	250 A <sup>2</sup> s	/FM = 300 A	t <sub>vj</sub> = 150 °C	
	KU 1002, (R) KU 1004, (R) KU 1006, (R) KU 1008, (R) KU 1010, (R) KU 1012, (R) KU 1014, (R)			125	100	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400	400	1 500	1,4	20	F 62 m
	150 A	1	t <sub>case</sub> =	100 °C	$t_{vi} = 1$	50 °C	$l^2t = 31.2$	250 A <sup>2</sup> s	I <sub>FM</sub> = 450 A	t <sub>vi</sub> = 150 °C	
OHOLY	KU 1502, (R) KU 1504, (R) KU 1506, (R) KU 1508, (R) KU 1510, (R) KU 1512, (R) KU 1514, (R)			180	150	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400	600	2 500	1,4	20	F 62 m
CHOIX	200 A	1	t <sub>case</sub> =	110 °C	$t_{\rm vj} = 1$	75 °C	$l^2t = 800$	000 A <sup>2</sup> s	/ <sub>FM</sub> = 600A	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 175 °C	
HODES	SV 2002, (R) SV 2004, (R) SV 2006, (R) SV 2008, (R) SV 2010, (R) SV 2012, (R) SV 2014, (R) SV 2016, (R) SV 2018, (R) SV 2020, (R)			250	200	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400 1 600 1 800 2 000	800	4 000	1,4	20	DO8
	300 A	1	t <sub>case</sub> =	110 °C	$t_{\rm vj} = 1$	75 °C	$l^2t = 180$	000 A <sup>2</sup> s	/ <sub>FM</sub> = 1 000A	£ <sub>vj</sub> = 175 °C	
	TV 3002, (R) TV 3004, (R) TV 3006, (R) TV 3008, (R) TV 3010, (R) TV 3012, (R) TV 3014, (R) TV 3016, (R) TV 3018, (R) TV 3019, (R)			380	300	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400 1 600 1 800 2 000	1 200	6 000	1,4	30	DO 9

# 24.3. CHOIX DES THYRISTORS

(D'après THOMSON)

24.3.1.
PUISSANCE
MOYENNE
DISSIPÉE
À L'ÉTAT
PASSANT

UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 7)

 Calculer la puissance maximale pouvant être dissipée par le composant (θ = 180°) :

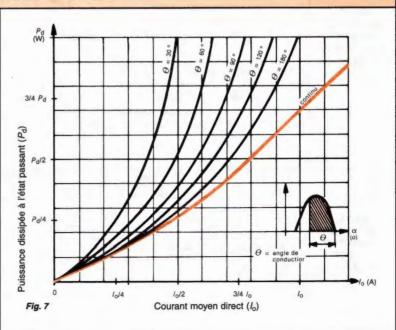
 $P_{\rm d} = V_{\rm TM} I_{\rm o}$ 

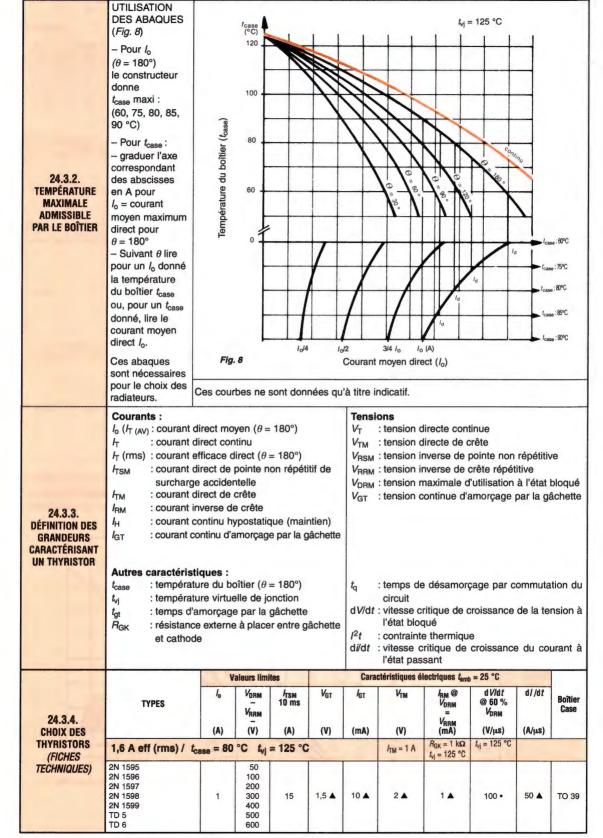
 Graduer l'axe des ordonnées en W.

- Graduer l'axe des abscisses en A pour : I<sub>0</sub> : courant moyen

 $I_0$ : courant moyer maximum direct pour  $\theta = 180^{\circ}$ 

- Suivant  $\theta$  lire :  $P_{\rm d}$  pour un  $I_{\rm o}$  donné ou  $I_{\rm o}$  pour une  $P_{\rm d}$  donnée.





	V	aleurs limi	les		Carac	téristiques él	1 -			
TYPES	/ <sub>0</sub>	V <sub>DRM</sub> V <sub>RRM</sub> (V)	TSM 10 ms	V <sub>GT</sub>	/ <sub>GT</sub> (mA)	(V)	V <sub>DRM</sub> = V <sub>RRM</sub> (mA)	d V/dt @ 60 % V <sub>DRM</sub> (V/µs)	d//dt (A/μs)	Boîtie Case
3 A eff (rms) / t <sub>cas</sub>			125 °C	En I	2 3/1	I <sub>TM</sub> = 6 A	$R_{\rm GK} = 1 \text{ k}\Omega$ $t_{\rm vj} = 125 ^{\circ}\text{C}$	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C		
BRY 54-100 T BRY 54-200 T BRY 54-400 T	2	100 200 400	50	1,5 ▲	10 🛦	2 ▲	1 🛦	100 •	200 🛦	то з
BRY 54-600 T		600								
7,4 A eff (rms) / t <sub>c</sub>	ase = 90	C t <sub>vj</sub> =	125 °C	$l^2t=32$	A <sup>2</sup> s	/ <sub>TM</sub> = 15 A	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C	£ <sub>rj</sub> = 125 °C		
2N 1770 2N 1771 2N 1772		25 50 100 150								
2N 1773 2N 1774 2N 1775 2N 1776	4,7	200 250 300	80	2 🛦	15 ▲	1,85 ▲	2 ▲	20 ♦	50 ▲	TO 6
2N 1777 2N 1778 2N 2619		400 500 600								
16 A eff (rms) / t <sub>cs</sub>	se = 75 °	$C t_{vj} =$	125 °C	$l^2t=11$	2 A <sup>2</sup> s	/ <sub>TM</sub> = 30 A	£ <sub>√j</sub> = 125 °C	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C		
2N 1843 A 2N 1844 A 2N 1846 A 2N 1848 A 2N 1849 A 2N 1850 A TR 6010 TR 7010 TR 8010 TR 9010 TR 9010 TR 1110 TR 1110	10	50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1 000 1 100 1 200	150	3▲	80 ▲	2,2 ▲	5 ▲	100 ♦	100 ▲	TO 4
25 A eff (rms) / t <sub>cs</sub>	<sub>ise</sub> = 75 °	C t <sub>vj</sub> =	125 °C	$l^2t=20$	00 A <sup>2</sup> s	$I_{TM} = 50 \text{ A}$	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C		
BTW 39 - 50 BTW 39 - 100 BTW 39 - 200 BTW 39 - 200 BTW 39 - 400 BTW 39 - 500 BTW 39 - 600 BTW 39 - 600 BTW 39 - 700 BTW 39 - 800 BTW 39 - 900 BTW 39 - 1000 BTW 39 - 1 100 BTW 39 - 1 200	16	50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1 000 1 100 1 200	200	3 🛦	80 ▲	2,2 ▲	5▲	200 ♦	100 ▲	TO 4
35 A eff (rms) / t <sub>cr</sub>	18e = 60 °	C t <sub>vj</sub> =	125 °C	$l^2t = 5$	45 A <sup>2</sup> s	<i>I</i> <sub>TM</sub> = 70 A	<i>t</i> <sub>rj</sub> = 125 °C	£ <sub>rj</sub> = 125 °C		
TS 135 TS 235 TS 435 TS 635 TS 835 TS 1035 TS 1235	22,5	100 200 400 600 800 1 000 1 200	330	3 ▲	80 🛦	2,2 ▲	3,3 ▲	100 ♦	100 ▲	то 4
50 A eff (rms) / t <sub>cr</sub>	se = 85 °	C t <sub>vj</sub> =	125 °C	$l^2t=1$	250 A <sup>2</sup> s	I <sub>TM</sub> = 100 A	t <sub>vj</sub> = 125 °C	£ <sub>yj</sub> = 125 °C		
BTW 48 - 200 BTW 48 - 400 BTW 48 - 600 BTW 48 - 800 BTW 48 - 1 200	32	200 400 600 800 1 200	500	3 🛦	60 ▲	1,8 ▲	5 ▲	200 ♦	100 ▲	то
63 A eff (rms) / t <sub>cr</sub>	18e = 105	°C tyj=	125 °C	$l^2t=4.$	150 A <sup>2</sup> s	<i>I</i> <sub>TM</sub> = 150 A	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C	<i>t</i> <sub>vj</sub> = 125 °C		
BTW 50 - 100 BTW 50 - 200 BTW 50 - 400 BTW 50 - 600 BTW 50 - 800 BTW 50 - 1 000 BTW 50 - 1 200	40	100 200 400 600 800 1 000 1 200	910	3 ▲	150 ▲	3 ▲	12 ▲	200 ♦	100 ▲	то е

		V	aleurs lim	ites		Cara	ctéristiques él	ectriques t <sub>emi</sub>	<sub>b</sub> = 25 °C		
	TYPES	10	V <sub>DRM</sub>	10 ms	V <sub>GT</sub>	AGT .	V <sub>TM</sub>	/ <sub>RM</sub> @ V <sub>DRM</sub>	d V/d t @ 60 % V <sub>DRM</sub>	d//dt	Boîti Cas
		(A)	(V)	(A)	(V)	(mA)	(V)	(mA)	(V/µs)	(A/µs)	
	120 A eff (rms) / t <sub>c</sub>		°C tui =		1	800 A <sup>2</sup> s	/ <sub>TM</sub> = 150 A	t <sub>vi</sub> = 125 °C	t <sub>vi</sub> = 125 °C		
	TK 1201		100	1		T		W 100 0	- vj		
	TK 1202		200								
	TK 1204 TK 1206		400 600								
	TK 1208	76	800	1 400	3 ▲	125 ▲	2 🛦	10 ▲	200 ◆		то
	TK 1210 TK 1212		1 000								
	TK 1214		1 400								
	TK 1216		1 600		2	0					
	150 A eff (rms) / t <sub>cas</sub>	e = 80 °(		125 °C	$t^2t = 15$	300 A <sup>2</sup> s	I <sub>TM</sub> = 300 A	t <sub>vj</sub> = 125 °C	t <sub>vj</sub> = 125 °C		
	TK 1401 TK 1402		100 200								
	TK 1404		400								
	TK 1406	05	600	1750	3 ▲	125 ▲	2 🛦	10 ▲	200 ♦		то
	TK 1408 TK 1410	95	1 000	1/50	3 🗖	125	2 -	10 -	200 🛡		10
HOIX DES	TK 1412		1 200								
IYRISTORS	TK 1414 TK 1416		1 400								
(FICHES CHNIQUES)	180 A eff (rms) / t <sub>ca</sub>	se = 80		125 °C	$t^2t = 20$	000 A <sup>2</sup> s	hm = 300 A	t <sub>vi</sub> = 125 °C	t <sub>vi</sub> = 125 °C		
J.II. 1020,	TK 1801		100					,	,		
	TK 1802		200								
	TK 1804 TK 1806		400 600								
	TK 1808	114	800	2 000	3 ▲	125 ▲	1,5 ▲	10 ▲	200 ♦		то
	TK 1810		1 000								
	TK 1812 TK 1814		1 200								
	325 A eff (rms) / t <sub>cas</sub>	= 80 °C		125 °C /	t = 125	000 A <sup>2</sup> s	h <sub>TM</sub> = 600 A	t <sub>vi</sub> = 125 °C	t <sub>vi</sub> = 125 °C		
	TK 3001		100	120 01			ηм = 000 А	ty = 125 U	1 <sub>0</sub> = 125 C		
	TK 3002		200								
	TK 3004 TK 3006		400 600								
	TK 3008	206	800	5 000	3 ▲	200 ▲	1,6 ▲	25 ▲	200 ♦		то.
	TK 3010		1 000								то
	TK 3012 TK 3014		1 200							min. ty	p. n
	TK 3016		1 600							•	
	<b>Exemple</b> : § 24.3.5.	et 24.9	.2. – Bro	ochage §	24.4.5.						
	Données :										
	Un moteur à couran La valeur efficace de	t continu	u néces	site un c	ourant d	le 15 A s	ous 220 V	(Id limite a	18 A).		
	La valeur efficace d								noyono,.		
	Les diodes sont du				a point d	e puisso	ince vaut z	. T/ V.			
	Les thyristors sont of				) avec le	T = 80 r	nA.				
	Le déclencheur est										
	Les transformateurs					5 (§ 23.	7., Fig. 33)				
	25 – 100 mA 4kV	à 2	enroule	ments (m	7 = 1:1	).					
	Schéma de raccore	dement	:				247 V				
						,	50 Hz				
24.3.5.	220 Ω 1N 4148	TI 1	N 4001								
MORÇAGE	1 10 10		N .		M-11	··F	- if	K1-D			
ET				2,2 kΩ	33 Ω 0,1	uF		"			
OTECTION	1										
DES YRISTORS	785										
Illorono								F	= 4 x U	RGB16	
	220 Ω 1N 4148	П2 1	N 4001					F	rotection de		
	1		N		И-П	-F	-F		hyristors § 24.1.2 Fi	in 4)	
				п	I N			IN (	0/4 12 -	11.4.1	

Puissance

Lf + Moteur

Note: l'alimentation du déclencheur et l'alimentation du pont redresseur doivent être synchronisées (communes ou isolées par un transformateur d'isolement).

(§ 24.1.2., Fig. 4.)

646

## 24.4. CHOIX DES TRIACS

(D'après THOMSON)

# 24.4.1. PUISSANCE MOYENNE DISSIPÉE À L'ÉTAT PASSANT

UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 9)

- Calculer la puissance maximale pouvant être dissipée par le composant et graduer l'axe des ordonnées en W:  $P_{\rm d} = V_{\rm TM} \ .l_{\rm d} = 4/4$   $\overline{I_{\rm d}}$  courant moyen sur une alternance  $\overline{I_{\rm d}} = I_{\rm T} \ ({\rm rms})/1,11$
- Graduer l'axe des abscisses en A :  $4/4~I_{T~(rms)}$  = valeur efficace du courant pour  $\theta = 360^{\circ}$

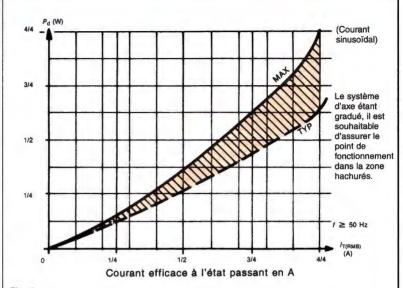


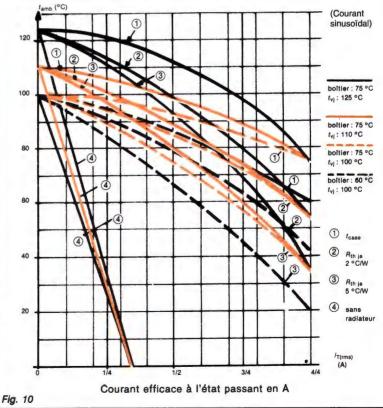
Fig. 9

# 24.4.2. TEMPÉRATURE AMBIANTE MAXIMALE DE FONCTIONNEMENT

UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 10)

- Graduer l'axe des abscisses en A :  $4/4 \ h_{T (rms)}$ = valeur efficace du courant pour  $\theta = 360^{\circ}$
- Les abaques ci-contre permettent de connaître la température ambiante maximale suivant la valeur du courant efficace  $t_T$  (rms) pour différents couples de températures  $t_{case} t_{vj}$  et pour différents refroidissements.

Les courbes 4
 donnent une utilisation du triac
 sans dissipateur



Les courbes ci-dessus sont données à titre indicatif.

Les abaques sont nécessaires pour le choix des dissipateurs et pour le choix des composants.

24.4.3. DÉFINITION DES GRANDEURS CARACTÉRISANT UN TRIAC	Courants:  It (rms): courant efficac ItsM: courant de surc ItsM: courant de crêt IDRM: courant de crêt IGT: courant de gâc IH: courant continu	l l d	Tensions  V <sub>TM</sub> : tension de crête à l'état passant  V <sub>DRM</sub> : tension maximale d'utilisation à l'état bloqué  V <sub>GT</sub> : tension de gâchette d'amorçage  d'V/dt <sub>c</sub> : vitesse critique de croissance de la tension à  la commutation  dv/dt: vitesse critique de croissance de la tension à  l'état bloqué											
	Note: Suivant le quadrant de fonctionnement le constructeur donne différentes valeurs de $I_{\rm GT}$ Autres caractéristiques: $t_{\rm gt}$ : temps d'amorçage par la gâchette $t_{\rm case}$ : température du boîtier $t_{\rm vj}$ : température virtuelle de jonction $t_{\rm amb}$ : température ambiante $t_{\rm case}$ : contrainte thermique													
	Туре	V <sub>DRM</sub>	H <sub>SM</sub> 20 ms	I <sub>DRM</sub> ® V <sub>DRM</sub> max	Suffixe	1	Igr (m	A) max	IV	/ <sub>H</sub>	V <sub>TM</sub> /I <sub>TM</sub>	(d,/d <sub>t</sub> ) <sub>c</sub> *	d,/d; @ 67 % V <sub>DRM</sub> min	Boîtie
	4 4 4 4	(V)	(A)	(mA)	440	++	+-	4,5 A <sup>2</sup> s	-+	(mA)	(V) (A)	(V/μs)	(V/μs)	
	1 A <sub>(rms)</sub> /t connex		O ·C	I <sub>vj</sub> =	= 110	-C /-1	= '	4,5 A-S						
	TLC 111 B TLC 221 B TLC 331 B TLC 381 B	200 400 600 700	30	0,75	В	25	25	25	50	8 typ	1,8 1,4	4 typ	20 typ	TL (CB 27
	3 A (rms)/t connex	. = 4	0 °C	t <sub>vj</sub> =	= 110	°C I2t	= 4	4,5 A <sup>2</sup> s						
	TLC 116 B TLC 226 B TLC 336 B TLC 386 B	200 400 600 700	30	0,75	В	25	25	25	50	8 typ	1,85 4	4 typ	20 typ	TL (CB 27
	6 A (rms)/t case =	75	C t	vj = '	110 °C	12t =	= 36	A <sup>2</sup> s						
	Isolé BTA 06-200 BTA 06-400 BTA 06-600 BTA 06-700 BTA 06-700 BTA 06-700	200 400 600 700	85	0,5	В	50	50	50	100	50	1,65 8,5 1,5 8,5	10	100	TO 220 A
	suffixes B, C													
	8 A (rms)/t case = 75 °C t <sub>vj</sub> = 110 °C / <sup>2</sup> t = 36 A <sup>2</sup> s													
	Isolé   Non isolé   BTA 08-200   BTA 08-200   BTA 08-400   BTA 08-400   BTA 08-600   BTA 08-600   BTA 08-700   BTA 08-700	200 400 600 700	85	0,5	В	50	50 25	50 25	100	50 25	1,75 11 1,6 11	10	100	TO 220 Al
24.4.4. CHOIX DES	suffixes B, C													
TRIACS	10 A (rms)/t case =	75 °	C t	vj =	110 °C	2t =	= 66	A <sup>2</sup> s						
(FICHES TECHNIQUES)	Isolé Non isolé BTA 10-200 BTA 10-400 BTA 10-600 BTA 10-600	200 400 600	115	0,5	В	50	50	50	100	50	1,45 14	10	100	TO 220 A
	BTA 10-700   BTA 10-700 suffixes B, C	700												
	15 A (rms)/t case =	75	°C t	vj =	110 °C	: 12t =	= 11:	2,5 A <sup>2</sup> s					1	
	TRAL 1115 D TRAL 2215 D TRAL 3315 D TRAL 3815 D	200 400 600 700	150	3		50	100	50	100	60	1,8 21	5	200	TO 48
	25 A (rms)/t case =	60	C t	vj =	110 °C	; /2t =	= 27	0 A <sup>2</sup> s			1	O L		
	TRAL 1115 D TRAL 2225 D TRAL 3325 D TRAL 3825 D TRAL 1025 D TRAL 1025 D	200 400 600 700 1 000 1 200	230	3		100	100	100	150	50	2 35	5	100 min	TO 48 (CB-26
	35 A (rms)/t case =	60 °	C t	vj = 1	110 °C	2t =	= 450	0 A <sup>2</sup> s	1			=		
	TRAL 1135 D TRAL 2235 D TRAL 3235 D TRAL 3335 D TRAL 3835 D	200 400 600 700	300	4		100	150	100	150	60	2 53	5	100	TO 48 (CB-26
	60 A (rms)/t case =	75	C t	vj =	125 °C	: 12t =	= 12	50 A <sup>2</sup> s	m j					
	TGAL 602 TGAL 604 TGAL 606 TGAL 608	200 400 600 800	500	10		100	150	100	150	60	2 100	5	100	TO 65 (CB-29
	TGAL 610	1 000												

\* @ t<sub>vj</sub> maximum

Définitions des quadrants (24.1.3.) - Brochages (24.4.5.)

## 24.4.5. BROCHAGES DES THYRISTORS ET TRIACS

### **Thyristor**

1 : K (cathode) 2 : G (gâchette)

3: A (anode)

#### Triac

1 : A1 (anode 1)

2: G (gâchette) 3: A2 (anode 2)





#### **Thyristor**

1 : K (cathode)

2 : G (gâchette)

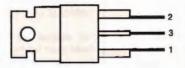
3: A (anode)

#### Triac

1: A1 (anode 1)

2 : G (gâchette)

3: A2 (anode 2)



## 24.5. LES THYRISTORS G.T.O. (Gate turn off)

Le thyristor G.T.O., représenté avec la symbolisation ci-contre, est un semiconducteur bistable, trijonction, destiné au contrôle de courant unidirectionnel. Il réalise une très bonne combinaison des avantages des thyristors classiques et des transistors :

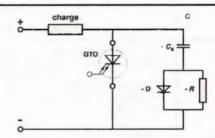


- à l'état bloqué, il supporte des tensions directes jusqu'à 1 500 V,
- à l'état passant, il admet des pointes de courant bien supérieures à la valeur moyenne,
- il admet des fréquences de commutation élevées jusqu'à 30 kHz,
- sa commande est réalisée par un faible courant de gâchette, positif pour la mise en conduction et négatif pour le blocage.

#### Protection contre les dV/dt:



La diode D permet de maîtriser le taux de croissance de courant d*i/dt* lors de l'interruption du courant dans le G.T.O.



## Exemple de commande d'un G.T.O. : (cas simple)

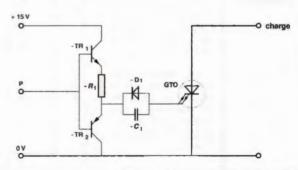
D<sub>1</sub>: diode Zéner 12 V.

TR<sub>2</sub>: Darlington (blocage).

P : commande du G.T.O.  $R_1$  : limitation de  $\hat{l}_{GT}$ 

C1 : permet le blocage du G.T.O.

TR<sub>1</sub>: Darlington (amorçage).



- V<sub>DRM</sub> : tension de crête répétitive à l'état bloqué (1 000 V).
- V<sub>DC</sub> : tension continue à l'état bloqué (650 V).
- V<sub>GT</sub> : tension de gâchette d'amorçage (10 V).
- C<sub>S</sub> : Capacité de protection contre les dV/dt (50 nF).
- T<sub>vi</sub>: Température virtuelle de jonction (120 °C).
- IT (Av) : Courant direct moyen (10 A).
- ITCRM : Courant de crête non répétitif (25 A).
- IGT : Courant de gâchette d'amorçage (0,25 A).
- Rth ic : Résistance thermique jonction-boîtier (1,8 °C/W).
- Boîtier : TO 220 (Rth cr = 3 °C/W).

#### 24.6. CHOIX DES TRANSISTORS (D'après THOMSON) Pd (W) totale UTILISATION DE 100 % L'ABAQUE (Fig. 11) Cet abaque est utilisable pour les transistors ayant une tij de 24.6.1. dissipation 75 % 200 °C et une puis-VARIATION sance maximale de DE LA dissipation pour une **PUISSANCE** de température t<sub>case</sub> DISSIPÉE de 25 °C. 50 % - Graduer l'axe des Ø ordonnées à partir de de P<sub>d</sub> donnée par le /ariation constructeur en W $100 \% = P_d$ totale. 25 % - Suivant tcase, lire la puissance maximale dissipable par le transistor. t<sub>case</sub> (°C) 150 tamb = 25 °C Fig. 11 Température du boîtier UTILISATION DES 1c (A) 100 % ABAQUES (Fig. 12) ge fonctionnement - Graduer l'axe des abscisses en V 100 % = VCEO 24.6.2. - Graduer l'axe des ant AIRE DE ordonnées en A correspondent SÉCURITÉ $100 \% = I_{c}$ D'UN TRANSISTOR - Placer le point de fonctionnement sur le 50 % graphe, il doit se trou-Pmax/2 ver à l'intérieur de l'aire de sécurité. courbe 24.9.3.) - L'aire de sécurité en régime impulsionnel B & et B et la étudiée ( permet en particulier de déterminer la procollecteur tection contre les sur-Courant collect (Les points A e l'alimentation é charges (fusibles par exemple). 50 % t<sub>case</sub> = 25 °C sauf \* 100 % VCE (V) Tension émetteur collecteur Fig. 12 (Ces courbes sont approximatives) Courants V<sub>CEO</sub>: tension continue collecteur-émetteur : courant continu collecteur $(I_b = 0)$ pour $I_c$ spécifié. : courant continu base

### 24.6.3. **DÉFINITION DES GRANDEURS** CARACTÉRISANT **UN TRANSISTOR**

h<sub>21E</sub>: valeur statique du rapport de transfert direct du courant (émetteur commun)

## Autres caractéristiques :

Ptot : puissance dissipée totale : temps de décroissance : retard à la décroissance

V<sub>CES</sub> : tension de saturation collecteur-émetteur avec Ic et Ib spécifiés.

: fréquence de transition t<sub>d</sub> + t<sub>r</sub> : temps total d'établissement : température de la jonction t<sub>case</sub> : température du boîtier

	70		v		- (m)			,	1/		111	4 . 4				D	
	-	PES	V <sub>CEO</sub>	le	P <sub>tot</sub> (W)		21E /	-	V <sub>CES</sub>	(4)	-	4+4		4	/8414-)	Rth jc	Boîtier
	NPN	PNP	(V)	(A)	t <sub>case</sub> : 25 °C		max	(A)	max (V)	(A)	(A)	(µs)	(hz)	(hs)	(MHz)	(°C/W)	
				TR	ANSISTO	)RS A	USA	GE G	ÉNÉRAL	DE 3 à	30 A -	$t_{\rm vj}=20$	00 °C				
	2N 3054	BDX 14	55	4	25	25	100	0,5	1	0,5	0,05				0,8	7	TO 66
	2N 3055	BDX 18	60	15	117	20	70	4	1,1	4	0,4				0,8	1,5	то з
	2N 3441	BDX 16	140	3	25	20	80	0,5	1	0,5	0,05				0,8	7	TO 66
		2N 3740	60	4	25	20		0,5	0,6	1	0,125				4	7	TO 66
		2N 3741	80	4	25	20		0,5	0,6	1	0,125				4	7	TO 66
	2N 3442	BDX 20	140	10	117	20	70	3	1	3	0,3				0,8	1,5	то з
	2N 3771		40	30	150	15	60	15	2	15	1,5				0,8	1,17	то з
	2N 3772		60	20	150	15	60	10	1,4	10	1				0,8	1,17	TO 3
	2N 3773		140	16	150	15	60	8	1,4	8	0,8				0,8	1,17	то з
				TF	RANSIST	_			VICATION					65			
	BDY 26		180	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10,8	2	то з
	BDY 27		200	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10	2	то з
	BDY 28		250	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10	2	то з
	BDY 55		60	15	117	10		10	2,5	10	3,3	0,5	1,5	0,5	10	1,5	TO 3
	BDY 56		120	15	117	10		10	2,5	10	3,3	0,5	1,5	0,5	10	1,5	TO 3
	BDY 57		80	25	175	20	60	10	1,4	10	1	0,25	1,5	0,5	7	1	TO 3
	BDY 58		125	25	175	20	60	10	1,4	10	1	0,25	1,5	0,5	7	1	то з
						_	R DE		SANCE D								
	BUX 39		90	30	120	8		20	1,6	20	2,5	1,5	1	0,3	8	1,46	TO 3
	BUX 40		125	20	120	8		15	1,6	15	1,9	1,2	1	0,4	8	1,46	TO 3
	BUX 41		200	15	120	8		8	1,6	8	1	1	1,7	0,8	8	1,46	TO 3
04.0.4	BUX 42		250	12	120	8		6	1,6	6 5	0,75	1	2,2	1,2	8	1,46 1,46	TO 3
24.6.4. CHOIX DES	BUX 43 BUX 44		325 400	10	120	8		5	1,6	4	0,8	1	2,5	1,2	8	1,46	TO 3
TRANSISTORS	BUX 45		500	5	120	8		2	2	2	0,4	1	5	1,2	8	1,46	тоз
(FICHES	BUX 10		125	25	150	10		20	1,2	20	2	1,5	1,2	0,3	8	1,17	TO 3
TECHNIQUES)	BUX 11		200	20	150	10		12	1,5	12	1,5	1	1,8	0,4	8	1,17	тоз
	BUX 12		250	20	150	10		10	1,5	10	1,25	1	2	0,5	8	1,17	то з
	BUX 13		325	15	150	8		8	1,5	8	1,6	1,2	2,5	1	8	1,17	то з
	BUX 14		400	10	150	8		6	1,5	6	1,2	1,4	3	1,2	8	1,17	то з
	BUX 15		500	8	150	8		4	1	4	0,8	1,6	5	1,4	8	1,17	то з
	BUX 20		125	50	350	10		50	1,2	50	5	1,5	1,2	0,3	8	0,5	CB 159
	BUX 21		200	40	350	10		25	1,5	25	3	1,2	1,8	0,4	8	0,5	CB 159
	BUX 22		250	40	350	10		20	1,5	20	2,5	1,3	2	0,5	8	0,5	CB 159
	BUX 23		325	30	350	8		16	1	16	3,2	1,3	2,5	1,2	8	0,5	CB 159
	BUX 24		400	20	350	8		12	1	12	2,4	1,6	3	1,4	8	0,5	CB 159
	BUX 25		500	15	350	8		8	1	8	1,6	1,8	5	1,6	8	0,5	CB 159
	BUX 47		850*	9	107	5		6	1,5	8	1,2	1	3	0,8		1,4	то з
	BUX 48		850*	15	175	5		10	1,5	10	2	1	3	0,8		1,2	то з
	BUX 98		850*	30	250	5		20	1	20	4	1	3	0,8		1,2	TO 3
	BUX 48 A		1 000*	15	175	5		8	1,5	8	1,6	1	3	0,8		1,2	то з
	BUV 18		120**	50	250	10		80	1,5	80	8	1,5	1,1	0,25	8	0,7	CB 159
	BUV 19		160**	50	250	10		60	1,2	60	6	1,3	1,1	0,25	8	0,7	CB 159
	BUV 20		125	50	250	10		50	1,2	50	5	1,5	1,2	0,3	8	0,7	CB 159
	BUV 21		200	40	250	10		25	1,5	25	3	1,2	1,8	0,4	8	0,7	CB 159
	BUV 22		250	40	250	10		20	1,5	20	2,5	1,3	2	0,5	8	0,7	CB 159
	BUV 23		325	30	250	8		16	1	16	3,2	1,3	2,5	1,2	8	0,7	TO 3
	BUV 24		400	20	250	8		12	1	12	2,4	1,6	3	1,4	8	0,7	TO 3

Remarques :

 $V_{\rm CEX}$ : tension continue collecteur – émetteur avec  $V_{\rm BE}$  = – 2,5 V

<sup>\*\*</sup>  $V_{\text{CEX}}$  avec  $V_{\text{BE}} = -1.5 \text{ V}$   $V_{\text{CEO}} \simeq V_{\text{CEX}}/2.$ (Exemples § 24.9.3. – Brochages § 24.6.5.)

24.6.5. BROCHAGE DES **TRANSISTORS** 



(Vue de dessous)

- Boîtiers: T03 (CB 19), T03 (CB 159), T066 (CB 72).

Brochages tous types.

1: Base

2 : Émetteur

3 : Collecteur (relié au boîtier)

# 24.7. CHOIX DES FUSIBLES EN ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

(D'après FERRAZ)

COEFFICIENT CORRECTEUR DÉPENDANT DE LA **TEMPÉRATURE** AMBIANTE A1

Le constructeur donne la relation suivante : (à appliquer si  $\theta_a > 30$  °C)

a : coefficient donné par le constructeur

θ<sub>a</sub> : température ambiante en °C

A1: coefficient correcteur dépendant de la température ambiante.

COEFFICIENT CORRECTEUR DÉPENDANT DE LA VITESSE DE VENTILATION B1 Lorsque la vitesse de ventilation V est inférieure à 5 m/s on admettra que le coefficient B1 varie proportionnellement à cette vitesse, d'où la relation.

В. Fig. 13

 $B_1 = 1 + \frac{(b-1) V_1}{5}$ 

b : coefficient donné par le constructeur

V1: vitesse de ventilation en m/s

B1: coefficient correcteur dépendant de la vitesse de ventilation.

CALCUL DU CALIBRE SUIVANT LES AGENTS **EXTÉRIEURS** (courant constant)

Ina: calibre minimal du fusible à utiliser

leff: valeur efficace du courant traversant le fusible

 $C_1 = A_1 B_1$ 

24.7.1. DÉTERMINATION **DU CALIBRE** DE LA CARTOUCHE FUSIBLE

DÉTERMINATION DU CALIBRE EN TENANT COMPTE **DES VARIATIONS** DE COURANT Co

Ce coefficient C2 doit être appliqué à une cartouche fusible soumise à un courant variable dont la valeur efficace varie suivant des périodes de conduction qui se succèdent régulièrement ou irrégulièrement. La durée de chaque cycle peut être comprise entre 0,1 seconde et 1 heure environ.

 $I_{\rm n_b}$ : calibre minimal du fusible à utiliser

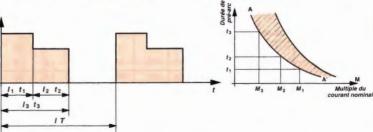
 $I_{
m eff}$ : valeur efficace du courant traversant le fusible sur un cycle

C1: coefficient défini précédemment

Co: coefficient donné par le constructeur

DÉTERMINATION DU CALIBRE EN TENANT COMPTE **DES VARIATIONS** DE COURANT C3

Ce coefficient C3 doit être appliqué à chaque période de fonctionnement



T = durée d'un cycle

Pour chaque période de fonctionnement t1, t2 et t3 calculer le calibre minimal de la cartouche en appliquant les relations suivantes :

 $(l_1, l_2, l_3)$ : courants efficaces correspondant aux temps  $t_1, t_2, t_3$ 

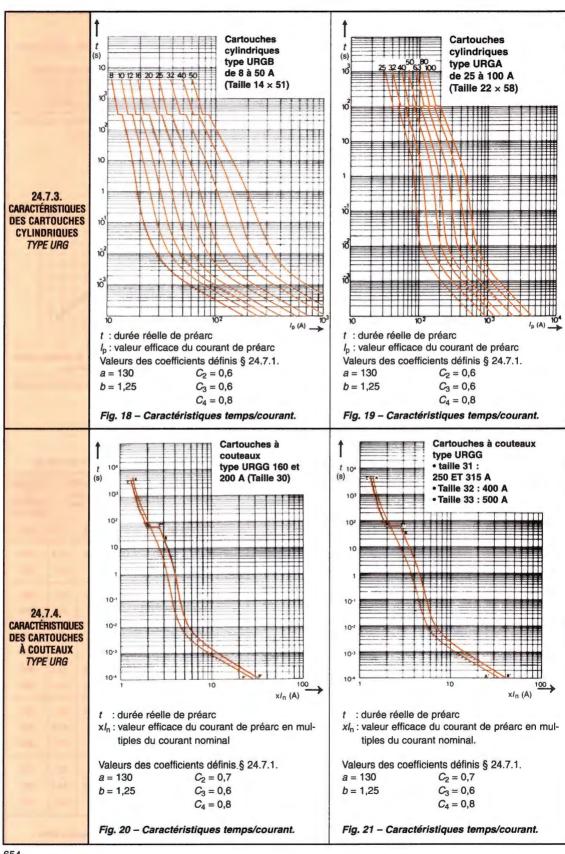
 $(I_1 \text{ de } t_1) I_{n_{c1}} = \frac{I_{\text{eff}}}{M_1 C_3}$ 

 $(l_2 \text{ de } t_2) l_{n_{c2}} = \frac{l_{\text{eff2}}}{M_2 C_3}$ 

 $(I_3 \text{ de } t_3) I_{n_{c3}} = \frac{I_{\text{eff3}}}{M_3 C_3}$ 

C3: coefficient donné par le constructeur

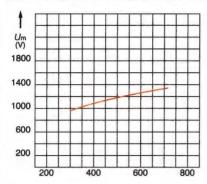
	DU	ERMIN CALIBI CAS E JRCHA EPTION C <sub>4</sub>	RE EN DE .RGE	- I	- C'est le cas d'un court-circuit. Il faut connaître : - la première onde du court-circuit en ampères efficaces, - la durée du court-circuit et la valeur efficace du courant de court-circuit ( <i>Chapitre 6</i> ) Déterminer le calibre minimal de la cartouche comme indiqué précédemment :									
					(l <sub>oc1</sub> (	de t <sub>cc1</sub> )	$I_{\rm n_{\rm d1}} = \frac{G_{\rm n}}{M_{\rm 1}}$	<u>C</u> <sub>4</sub>			(I <sub>cc2</sub> de t <sub>cc2</sub>	) I <sub>nd2</sub> =	M <sub>2</sub> C	4
					$l_{ m eff~cc1}$ : courant efficace de la première onde du court-circuit (cette onde peut être asymétrique suivant la valeur de $cos~\varphi_{\rm cc}$ ), $t_{\rm cc1}$ : durée de cette première onde de court-circuit, $l_{ m eff~cc2}$ : courant efficace de court-circuit présumé, $t_{ m cc2}$ : durée du court-circuit (temps de réponse du disjoncteur), $C_4$ : coefficient donné par le constructeur. $Exemples$ (§ 18.8).									
	DU	NFLUEN J FACT DE PUI SANC cos φ	EUR IS- E	ser cos - Le diff - La cos ten	mi-conduction $\varphi_{\rm cc}$ concerns $\varphi_{\rm cc}$ defends $\varphi_{\rm cc}$ for $\varphi_{\rm cc}$ $\varphi_{\rm cc}$ le $\varphi_{\rm cc}$	ncteurs something the cert of	es de prosont définitre 0,1 et aines instres ci-dessi donne, er ent $\lambda$ à ap (tension $\lambda$ )	es pou 0,2. allatior us. n foncti pplique	our des 0,9 ons est tion de er à la 0,7					100
	SU	EMARO R LE C S FUSI	HOIX		aut : prendre s multiplier <b>emple :</b> l <sup>2</sup> t d'un f	soin d'e · le <i>l<sup>2</sup>t</i> p usible =	n apparei ear le carro 1 000 A <sup>2</sup>	ller les é du no	résista ombre d	nces, de fusit	ibles pour ol oles en para usibles de c	illèle.		
	TAILLE	TYPE	CALIBRE	THERMI	AINTES QUES 12t 660 V 2s)	PERTES	POUVOIR DE COUPURE SOUS 660 V	TAILLE	TYPE	CALIBRE	i <sup>2</sup> t maximum sous 660 V	(1	RTES (V) ous	POUVOIR DE COUPURE SOUS 660 V
_ [10]			(A)	$l_{\rm p} \leq 30 \ l_{\rm n}$	<i>L</i> <sub>p</sub> > 30 <i>L</i> <sub>n</sub>	(W)	(kA)			(A)	(A <sup>2</sup> s)	0,8 4,	In .	(kA)
		URGB	8	20	17	2,7	200	30	URGK	100	7 150	12,8	24,5	200
		URGB	12 16	75 05	60	4,6	200	30	URGK	125	11 700	16	30	200
	14	URGB	20	95 175	75 145	6,2 7,4	200	30	URGG	160	12 600	12,5 16	24 30	300 300
741	× 51	URGB	25	300	250	8,6	200	30	URGG	200	24 500			
24.7.2. CHOIX DES		URGB	32	550	460	10,6	200	31	URGG	250 315	38 000 79 000	20 25	38 47	300
CARTOUCHES		URGB	40	1 150	940	11,5	200	31	URGG	350	122 000	27,5	52,5	300
FUSIBLES UR		URGB	50	2 550	2 070	13	200	31	URGG	400	168 000	31,5	60	300
		URGA	25		210	8,5	200	32	URGG	400	126 000	31,5	60	300
		URGA	32		400	10,3	200	32	URGG	450	178 000	35	67,5	300
	22 ×	URGA	40 50		700 270	12,8 15,7	200	32	URGG	500	239 000	39	75	300
	58	URGA	63		770	17,7	200	33	URGG	500	185 000	39	75	300
	111	URGA	80		500	21,7	200	33	URGG	630	336 000	49,5	94,5	300
		URGA	100*		000	25,7	200	33	URGG	700	452 000	55	105	300
		à 600 V Fig. 16			lindriques	s type U	RG.		Fig. 17	– Carto	uches à cou	teaux t	ype UR	G.



24.7.5.
COEFFICIENTS
CORRECTEURS
POUR
CARTOUCHES

TYPE URG

# COEFFICIENTS CORRECTEURS POUR CARTOUCHES FUSIBLES CYLINDRIQUES:

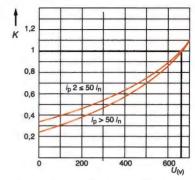


U: tension efficace d'utilisation

(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

Um: tension de coupure

Fig. 22 - Tension de coupure Um.



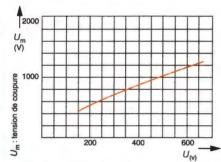
U: tension efficace d'utilisation

(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

K: coefficient correcteur du 12t

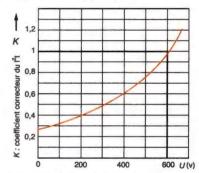
Fig. 23 - Coefficient multiplicateur.

# COEFFICIENTS CORRECTEURS POUR CARTOUCHES FUSIBLES À COUTEAUX :



U: tension efficace d'utilisation (à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

Fig. 24 – Tension de coupure  $U_m$ .



U: tension efficace d'utilisation (à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

Fig. 25 - Coefficient multiplicateur K.

24.7.6. EXEMPLE D'UTILISATION DES ABAQUES

- La diode (§ 24.2.3.) possède un  $I^2t$  de 180 000  $A^2s$  et une tension  $V_{BBM}$  de 800 V.
- Choix du fusible dans la gamme **URGG** : a = 130 ; b = 1,25 (§ 24.7.4.)

$$A_1 = \sqrt{\frac{130 - 4}{130 - 30}} = 0.95$$
  $B_1 = (\frac{1.25 - 1}{5}) 4 = 1.2$   $C_1 = 0.95 \times 1.2 = 1.14$  (§ 24.7.1.)

Calibre  $I_{na} = 300/1,14 = 263 \text{ A} \rightarrow \text{calibre choisi par excès} : 315 \text{ A (§ 24.7.2.)}$ 

- Contrôle : La Fig. 15 donne  $\lambda$  = 0,8 pour cos  $\varphi_{\rm CC}$  = 0,3 d'où U = 400 × 0,8 = 320 V
- La Fig. 25 donne K = 0.5 pour U = 320 V d'où  $I^2t$  fusible = 79 000 × 0.5  $\approx$  40 000 A<sup>2</sup>s
- La Fig. 24 donne U<sub>m</sub> = 700 V pour U = 320 V

La diode convient ( $I^2t$  fusible  $< I^2t$  diode et  $U_m < V_{RRM}$ )

- Surcharge exceptionnelle  $C_4 = 0.8$ 

La Fig. 21 donne M = 5,1 pour 15 ms et M = 4,5 pour 150 ms d'où :

$$I_{n1}$$
 (15 ms) =  $\frac{1250}{5.1 \times 0.8}$  = 306 A et  $I_{n2}$  (150 ms) =  $\frac{925}{4.5 \times 0.8}$  = 257 A ( $I_{n1}$  et  $I_{n2}$  < 315 A)

Le fusible URGG taille 31 de 315 A protège correctement la diode TV 3008.

# 24.8. CHOIX DES DISSIPATEURS ÉCOULEMENT Chaîne thermique ionction - air ambiant : DE LA Rth ra Pe $P_{d}$ CHALEUR DE LA JONCTION **VERS** : puissance à dissiper par la ou les ionctions (en W) L'AIR AMBIANT (puissance à calculer et à corriger suivant les paramètres précisés dans les paragraphes précédents). Pe : puissance évacuée. : température maximale de la jonction en °C (donnée par le constructeur). tvi : température maximale du boîtier en °C pour le maximum de puissance à dissit<sub>c</sub> per par le composant (donnée par le constructeur). Cette température peut être plus élevée si le courant traversant la ionction est inférieur au courant maximum. : température du dissipateur en °C. tamb : température ambiante en °C (se placer dans le cas le plus défavorable, c'est-àdire pour une température ambiante maximale). Rth ic: résistance thermique jonction - boîtier en °C/W donnée par le constructeur soit sur les fiches techniques, soit § 24.8.2. Rth cr : résistance thermique boîtier - dissipateur en °C/W donnée par le constructeur (§ 24.8.2.). Rth ra: résistance thermique dissipateur - air ambiant en °C/W à déterminer en fonction : - des paramètres ci-dessus, - du type de dissipateur, et de son montage (§ 24.8.3.), - du montage du composant sur le dissipateur (isolé ou non). 24.8.1. CALCUL DE Par définition : d'où: DÉTERMINATION Rth ra D'UN DISSIPATEUR (méthode a) POUR $R_{\text{th ra}} = \frac{t_{\text{vj}} - t_{\text{amb}}}{P_{\text{cl}}} - R_{\text{th jc}} - R_{\text{th cr}}$ COMPOSANT Σ Ren ÉLECTRONIQUE **DE PUISSANCE** Pd en W; température en °C; résistances thermiques en °C/W. Choisir § 24.8.5. et 24.8.7. le dissipateur se rapprochant le plus de Rth ra par valeur inférieure. Rth ca: négligée, Rth dissipateur ≤ Rth ra calculée Rth ra: par rayonnement négligée Certains constructeurs donnent les courbes $\Delta t = f(P_d)$ . CHOIX DU DISSIPATEUR Pour faire le choix des dissipateurs, il faut : (méthode b) - calculer Pd (W) - calculer $\Delta t = t_c - t_{amb}$ (°C) tamb: température ambiante : température du boîtier donnée par le constructeur ou calculée ; choisir la longueur du dissipateur § 24.8.6. $t_{\rm c} = t_{\rm vj} - R_{\rm th \, jc} \, P_{\rm d}$ Dans ce cas, il est conseillé de prévoir une majoration de 10 à 20 %. REMARQUE Lorsque plusieurs composants sont montés sur le même dissipateur (montage isolé ou non), il est conseillé de calculer les dissipateurs pour un seul composant et de diviser la résistance thermique Rth ra trouvée par le nombre de composants montés sur ce même dissipateur (cas de composants identiques). Si les composants sont différents,

la résistance thermique Rth ra totale suit la loi des résistances électriques branchées en

 $(1/R_{th ra})$  équivalente =  $1/R_{th ra_1} + 1/R_{th ra_1} + ... 1/R_{th ra_n}$ .

	DIODES								
	воїт	TIERS	1	Rth jc (°C/W)		R <sub>th cr</sub>	Couple	de serrage	
	Туре	Calibres	180° θ	120° θ	<b>60°</b> θ	(°C/W)	maxi Nm	recommandé Nm	Observations
	DO 4	3 A 6 A 12 A	5,2 3,5 1,8	6,56 4,42 2,27	7,87 5,31 2,71	0,7	2,2	1,8	θ angle de conduction en degrés
	DO 5	20 A 40 A	1,3 0,74	1,64	1,97	0,3	3,1	2,5	
	RG (T)	60 A	0,54	0,69	0,80	0,3	5,4	4,3	(T) avec tresse
	F6 2 m	100 A 150 A	0,43 0,35	0,552 0,442	0,644 0,515	0,1	8,2	6,6	Couple de serrag
	DO 8	200 A	0,25	0,32	0,37	0,09	8,2	6,6	
	DO 9	300 A	0,173	0,221	0,258	0,06	12,1	9,7	Couple de serrag indicatif
24.8.2.	THYRIST	TORS - TRI	ACS						
RÉSISTANCES	TO 39	-	35	-	_	-	-	-	Sans dissipateur
THERMIQUES	TO 64	7,4 A	3,1	3,94	4,57	0,7	2,2	1,8	
R <sub>th jc</sub> ET R <sub>th cr</sub> COUPLE DE SERRAGE	TO 48	16 A 25 A 35 A	1,59 1,08 1,08	2,02 1,38 1,38	2,34 1,61 1,61	0,4	3,1	2,5	Boîtier pour triac
		50 A	0,864	1,105	1,29	٥,.	٥,,	_,0	
	TO 65	63 A	0,752	1,03	1,13	0,3			
	TO 94	120 A	0,324	0,414	0,483	0,1	8,2	6,6	
		150 A 180 A	0,276 0,259	0,352 0,332	0,411 0,386				Boîtier pour thyristors
	TO 93	275 A 325 A	0,173 0,14	0,221 0,18	0,258 0,21	0,06	12,1	9,7	Boîtier pour thyristors
	TO 220 (AB)	4 A 6 A 8 A 10 A	4,3 2,8 2,18 1,67	-	- - -	3		-	Boîtier pour triac
	TRANSIS	TORS							
	TO 3 TO 66 CB 159		- - -	-	- - -	1 2 1	-	=	Les valeurs de R <sub>th jc</sub> sont donnée § 24.6.4.
24.8.3. INFLUENCE DU MONTAGE SUR LA RÉSISTANCE THERMIQUE R <sub>th cr</sub>	- par utili - par utili - par utili - par utili - ronde - ronde - ronde La résista égale à :  #th cr =	isation d'une isation d'une isation de d elle de mica elle de mica elle isolante	e graisse au e graisse si isques isola épaisseur argenté 50 en Kapton que totale	ux silicones ans silicones ants: 0,05 mm, r 0 \(\mu\)m, résist 50 \(\mu\)m, résis boîtier — dis 7 \(\text{th cr}: résis) 7 \(\text{th cr}: résis) 8 \(\text{tr}: résis) 5 \(\text{tr}: résis) 6 \(\text{tr}: résis)	ésistance thance there tance sees sont u	R <sub>th cr</sub> par 0, r R <sub>th cr</sub> par 0 hermique de insition : 0,4 rmique de t lans le cas nique totale nique donné nique de tra tilisées.	2; 0,4; e transitio c °C/W; 1 ransition d'un mon ée § 24.8. Insition.	: 0,35 °C/W ; tage isolé pa 2.	; 2 kV

Si le dissipateur n'est pas en finition anodisée noir, retrancher à R<sub>th ra</sub> calculée 0,3 °C/W.

du boîtier du composant, il faut alors isoler le dissipateur du châssis de montage.

- Si le composant est directement monté sur le dissipateur, le potentiel de ce dissipateur est au potentiel

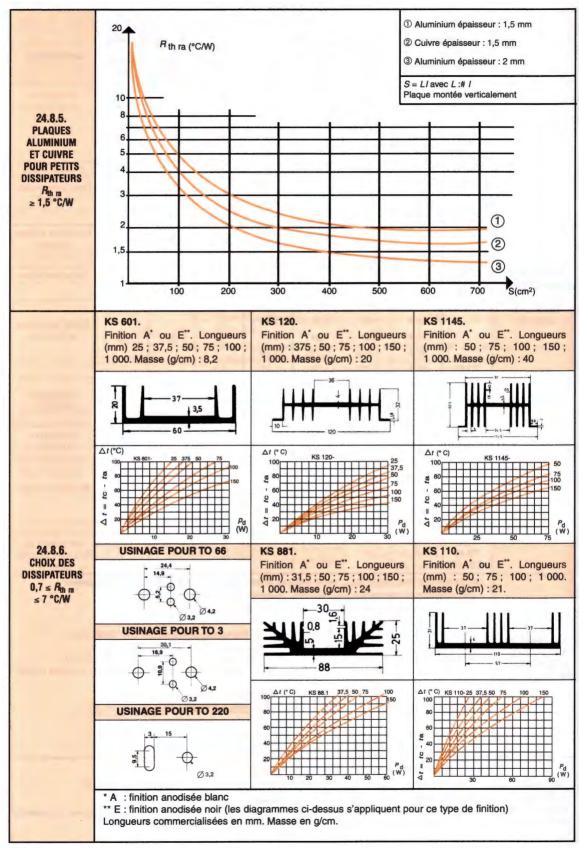
Remarque concernant le montage du dissipateur :

DIODES

INFLUENCE DU MONTAGE SUR

LA RÉSISTANCE

THERMIQUE Rth ra



\* Convection naturelle; dissipateur anodisé noir mat monté verticalement.

- \*\* Convection forcée ou ventilation forcée ; dissipateur anodisé blanc.
- Dans ce cas le dissipateur est monté dans une enveloppe en tôle d'acier chromé blanc.
- Généralement les ventilateurs aspirent l'air froid puis le soufflent sur les dissipateurs.
- Il est recommandé d'utiliser des filtres à poussières en milieu difficile, il faut alors surdimensionner les dissipateurs de 20 à 30 %.

24.8.7.

**CHOIX DES** 

DISSIPATEURS

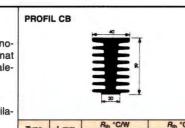
Reh ra = 2,8 °C/W

 Afin de prolonger la durée de vie de ces ventilateurs, il est conseillé de placer des interrupteurs thermiques à mini-maxi.

# Caractéristiques des ventilateurs

Modèle 1: 18 VA 220 V monophasé 2 800 min<sup>-1</sup>. Classe: E 63 m³/h. 0,55 kg, temps de fonctionnement à 50°C: 15 à 20 000 h.

Modèle 2: 26 VA 220 V monophasé 2 550 min<sup>-1</sup>. Classe: E 180 m³/h. 0,65 kg, temps de fonctionnement à 50 °C: 10 à 15 000 h.



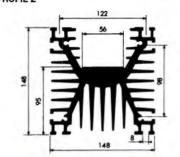
Туре	L mm	Rth °C/W convection naturelle*	R <sub>th</sub> °C/W ventilation forcée**		
			1 m/s	5 m/s	
CB 80	80	2,8	1,5	0,4	
		Poi	ds au mèt	re 3,55 kg	

# MOULAGE M5



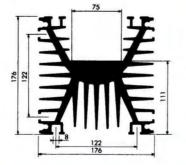
Гуре	L mm	R <sub>th</sub> °C/W convection naturelle*	Rth °C/W ventilation forcée*	
			1 m/s	5 m/s
M5	35	1,8	0,42	0,22

# M5 35 1,8 1 1 m/s 0,42 PROFIL Z

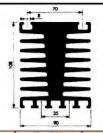


Туре	L mm	convection naturelle*		C/W n forcée**
			1 m/s	5 m/s
Z 100	100	0,46	0,25	0,22
Z 150	150	0,39	0,19	0,10
Z 200	200	0,34	0,17	0,09
Z 300	300	0,29	0,15	0,04
			oide au m	Atro 20 kg

# PROFIL R

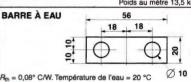


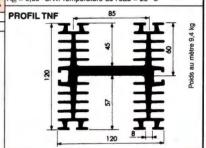
Туре	L mm	convection naturelle* ventilation		n forcée**	Туре	L mm	
			1 m/s	5 m/s			
R 150 R 200 R 300	150 200 300	0,30 0,27 0,23	0,18 0,17 0,15	0,08 0,07	2xWR 100 2xWR 150 2xWR 200	150 200	
		Po	ids au mè	tre : 30 kg	2xWR 250	250	



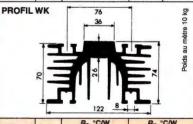
PROFIL P

Туре	L mm	convection naturelle*	ventilation forcée*			
			1 m/s	5 m/s		
P 80	80	0,70	0,32	0,15		
P 100	100	0,60	0,28	0,14		
P 150	150	0,46	0,25	0,13		
P 200	200	0,42	0,23	0,125		
P 250	250	0,40	0,22	0,121		
		Poi	ds au mèt	re 13.5 kg		

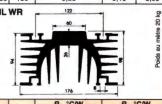




Туре	L mm	Rth °C/W convection naturelle*	R <sub>th</sub> °C/W ventilation forcée			
			1 m/s	5 m/s		
TNF 80	80	0,7	0,31	0,17		
TNF 100	100	0,62	0,27	0,16		
TNF 150	150	0,51	0,25	0,15		
TNF 200	200	0,42	0,24	0,134		



Туре	L mm	Rth °C/W convection naturelle*	Rth °C/W           ventilation forcée**           1 m/s         5 m/s           0,23         0,11           0,19         0,09		
			1 m/s	5 m/s	
2xWK 100	100	0,50	0,23	0,11	
2xWK 150	150	0,38	0,19	0,09	
PROFIL	WR	122	1	9	



Туре	L mm	R <sub>th</sub> °C/W convection naturelle*	R <sub>th</sub> °C/W ventilation forcée**			
			1 m/s	5 m/s		
2xWR 100	100	0,33	0,17	0,09		
2xWR 150	150	0,26	0,13	0,07		
2xWR 200	200	0,20	0,12	0,065		
2xWR 250	250	0,18	0,12	0,06		

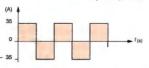
	VALEUR MOYENNE D'UNE TENSION		V pour	un mot	eur à courant continu, il faut une tension eur marqué 220 V (continu pur). Valeurs ion du secteur :		
	REDRESSÉE	Type de pont	230 V	400 V	Exemple:  Moteur à courant continu 220 V.  Si ce moteur est alimenté par un pont		
		Monophasé simple alternance Pont monophasé Etoile triphasé Pont triphasé	branché directement sur le secteur, le pont devra être du type étoile triphasé sur réseau 230/400 V.				
	EXEMPLE DE CHOIX D'UN PONT	Schéma de principe :	l <sub>d</sub>		Données :  - Le pont redresseur comporte 4 diodes (Température ambiante 30 °C)		
	MONOPHASÉ DE MOYENNE PUISSANCE	V <sub>10</sub>	Récepteur	V <sub>d</sub>	$\overline{V}_{d}$ (courant moyen dans le récepteur) : 35 A. $-\overline{V}_{d}$ (tension moyenne aux bornes du récepteur) : 220 V.  Caractéristiques du réseau : 230 V ; 50 Hz (entre phase-neutre) - Protection en amont par un disjoncteur.		
24.9.1. Redresseur à diodes	CHOIX DES DIODES	- Le pont redresseur comporte 4 diodes ; déterminer les caractéristiques d'une diode. - Le tableau (§ 24.2.1.) donne pour $\overline{V}_d$ = 220 V et $\overline{I}_d$ = 35 A : - un courant moyen redressé par diode : $I_0$ = 0,5 \ $I_d$ = 0,5 × 35 = 17,5 A - une tension inverse appliquée crête : $V_{RRM}$ = 1,57 $V_d$ = 1,57 × 220 = 345,4 V - Le tableau (§ 24.2.3.) donne : - 4 diodes 20 A 400 V type 1N1196 boîtier DO5. (2 diodes pourront être à anodes communes et 2 à cathodes communes). - Caractéristiques des diodes type 1N1196 : - courant de crête non répétitif (durée 10 ms) : $I_{FSM}$ = 450 A. - contrainte thermique $I^2t$ = 1 000 $I_{FSM}$ = 450 A. Il est à noter que le $I_{FSM}$ = 1 000 $I_{FSM}$ de la façon suivante : $I_{FSM}$ = 450 $I_{FSM}$ = 1 000 $I_{FSM}$ =					
	ALIMENTATION DU PONT : Choix du transformateur Chapitre 18	On désire une tension moyenne de 220 V, le tableau § 24.2.1. donne :  — une tension efficace d'alimentation (secondaire du transformateur) $V_{vo} = 1,11  V_d = 1,11 \times 220 = 244,2 \text{ V}.$ — une chute de tension dans les diodes (ramenée côté alternatif) : $\Delta U = 2,4 \text{ V}.$ — une tension nominale secondaire $U_{2n} = 244,2 + 2,4 \approx 246,5 \text{ V}.$ — une puissance moyenne du transformateur : $S_{P_1} = 1,23  I_d  V_d = 1,23 \times 220 \times 35 = 9 \text{ 471 VA}.$ — Caractéristiques du transformateur monophasé d'alimentation :  — $U_1 = 230  V$ ; $U_2 = 246,5  V$ ; 50 Hz; 10 kVA (type TMN 10 ou TMP 10).  — Protection du primaire :  — $I_1 = 10  000/230 = 43,5  \text{A}.$ — 1 fusible aM 50 A sur la phase					
	DÉBIT DU PONT	Courant moyen maximum dans     On suppose :	ndulatio manent	n du co à char	ourant est pratiquement nulle		

# CHOIX DES FUSIBLES ET DE LEUR EMPLACEMENT

- La température ambiante étant inférieure à 30 °C et la charge étant constante, il n'y a pas lieu de déterminer les différents coefficients correcteurs (§ 24.7.1.).
- Deux modes de protection peuvent être envisagés :
  - en plaçant un fusible sur chaque phase,
  - en plaçant un fusible en série avec chaque diode.

# a) Fusible placé sur chaque phase :

- L'ondulation étant pratiquement nulle, le courant efficace sera de 35 A.



$$\hat{l} = 35 A = l_{eff}$$

Le calibre normalisé immédiatement supérieur est 40 A soit un fusible du type URGA 22 x 58 de 40 A (§ 24.7.2.).

# - Vérification de la protection :

Lors d'un défaut interne ou externe, deux fusibles couperont le circuit en série. La tension de rétablissement, à cause de l'inégalité de charges dues à la commutation, ne sera pas de moitié de celle du réseau mais de :

Le tableau § 24.7.2. donne une contrainte thermique  $I^2t$  de fonctionnement total de 700  $A^2s$ .

La courbe (Fig. 23) donne K = 0,45 pour 160 V ( $U \neq 660$  V) d'où la contrainte thermique  $I^2t$  du fusible = 700 x 0,45 = 315  $A^2s$ 

La protection est assurée car la contrainte thermique  $I^2t$  des diodes est supérieure à 315  $A^2s$ .

- La tension de coupure est sans influence sur les diodes dans ce cas

# b) Fusible placé en série avec chaque diode

- La valeur efficace du courant devient :  $35/\sqrt{2}$  ≈ 25 A



$$\hat{l} = 35 \text{ A}$$
;  $l_d = 17.5 \text{ A}$ ;  $l_{eff} = 25 \text{ A}$ 

Le calibre du fusible normalisé immédiatement supérieur est de 32 A soit un fusible URGA 22 x 58 de 32 A (§ 24.7.2.)

## - Vérification de la protection :

Comme précédemment la tension de rétablissement vaut 160 V ; K = 0,45  $I^2t$  du fusible = 400 x 0,45 = 180  $A^2s$ 

La protection est assurée car la contrainte thermique  $I^2t$  des diodes est supérieure à 180  $A^2s$ .

- La tension de coupure est sans influence sur les diodes dans ce cas.

# CHOIX DU DISSIPATEUR

- Puissance à dissiper par diode (A partir du § 24.2.3.) :

$$I_0 = 20 \text{ A}$$

d'où 
$$P_c$$
/diode = 20 x 1,5 = 30 W

- Détermination des résistances thermiques : (méthode a § 24.8.1.)

$$-R_{\text{th ja}} = \frac{t_{\text{vj}} - t_{\text{amb}}}{P_{\text{d}}} = \frac{175 - 30}{P_{\text{d}}} = 4,83 \text{ °C}$$

- $-R_{th jc} = 1,3 \text{ °C/W (Boîtier DO5) (§ 24.8.2.)}$
- Rth cr = 0,3 °C/W (Boîtier DO5)
- $-R_{\text{th ra}} = R_{\text{th ia}} R_{\text{th ic}} R_{\text{th cr}} = 4,83 1,3 0,3 \approx 3,2 \text{ °C/W}$
- En supposant un montage direct, diodes deux à deux :  $R_{\text{th ra}} = 3,2/2 = 1,6 \,^{\circ}\text{C/W}$
- Le § 24.8.7. donne un dissipateur du type P80 à convection naturelle.
- Détermination du dissipateur (méthode b : § 24.8.1.)
   P<sub>a</sub>/diode = 30 W

$$-\Delta t = (t_{vj} - R_{th jc} P_d - t_{amb}) 0.8 \cong (t_c - t_{amb}) 0.8 = (150 - 30) \times 0.8 = 96 \text{ °C}$$

Le § 24.8.6. donne (en supposant le même montage que précédemment) un dissipateur du type KS 120 – 25 pour une diode, soit un dissipateur KS 120 – 50 pour 2 diodes.

# - En résumé il faut, pour réaliser ce redresseur (composants de base) :

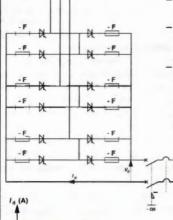
- un transformateur TMN 10 230/246,5 V,
- un fusible aM 50 + une cartouche de neutre.
- deux diodes 1N 1196 A.
- deux diodes 1N 1196 A, R,
- deux fusibles URGA 22 x 58 de 40 A,
- deux dissipateurs KS 120 50.

EXEMPLE DE CHOIX D'UN PONT TRIPHASÉ TOUT THYRISTOR

- Alimentation directe d'un pont triphasé double alternance à thyristors.
- Caractéristiques principales de l'alimentation triphasée : 3 x 230 V 50 Hz
- On désire deux thyristors par bras, chaque thyristor étant protégé séparément par un fusible (protection conseillée lorsqu'il y a plusieurs composants en parallèle par bras); la protection côté continu sera assurée par un disjoncteur associé à un relais magnétique.

# Schéma de l'équipement

3 x 230 V

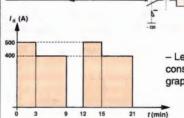


- On précise que le coefficient de répartition entre les 2 thyristors est de 1,1.
- La température ambiante dans le coffret ne dépasse pas 40 °C et ce coffret est ventilé à 1 m/s.
- Le disjoncteur Q0 et son relais magnétique ont été choisis pour un courant de court-circuit présumé de 1 400 A (courant de court-circuit éliminé en 250 ms). Le courant de court-circuit de la première onde vaut 3 400 A crête (onde asymétrique) avec :  $\cos \varphi_{\rm CC} = 0,12$

(Chapitre 6)

durée de cette onde : 15 ms

24.9.2. REDRESSEUR CONTRÔLÉ À THYRISTORS



 Le redresseur à étudier débite dans une charge constante un courant variable représenté par le graphique ci-contre. (Le courant moyen varie grâce à l'angle de conduction des

grâce à l'angle de conduction des thyristors, on admet que les 500 A sont obtenus pour la conduction maximum des thyristors.)

Graphique de fonctionnement

(Valeur moyenne maximale de la tension = 311 V)

- On se place dans le cas où le courant moyen  $I_{\rm d}$  dans la charge vaut 500 A. (Pour une conduction maximale, on peut assimiler cet équipement à un pont de diodes.)
- Le tableau § 24.2.1. donne  $I_0/I_0 = 0.333$  ( $I_0$  courant moyen dans un bras):
  - $-I_0 = 500 \times 0.333 = 167 \text{ A}$
  - soit par thyristor: 167 x 1.1/2 = 92 A.
  - Calcul de la tension inverse de crête :

$$V_{vo}/V_d = 0.74 \rightarrow V_d = 230/0.74 = 311 \text{ V}$$

$$V_{\text{RRM}}/V_{\text{d}} = 1,05 \rightarrow V_{\text{RRM}} = 311 \text{ x } 1,05 = 326 \text{ V}.$$

- Cas le plus défavorable pour un de défaut : V<sub>vo</sub> = 230 V (Fig. 26).

Type de défaut	Place des fusibles		Tension de fonctionnement
Défaut interne	sur thyristor		1,3/2 V <sub>vo</sub>
(1 thyristor par bras)	sur phase		1,3/2 V <sub>vo</sub>
Défaut interne	sur thyristor		V <sub>vo</sub>
(n thyristors par bras)	sur phase		1,3/2 V <sub>vo</sub>
Défaut externe	sur thyristor		1,3/2 V <sub>vo</sub>
(1 ou n thyristors par bras)	sur phase		1,3/2 V <sub>vo</sub>
Défaut de recommutation (marche en onduleur seu- lement 1 ou <i>n</i> thyristors par bras)	sur phase	1 par bras	$V_{\rm d} + V_{\rm vo}\sqrt{2}$ 1.3
	sur thyristor	1 par bras	2√2
	sur phase	n par bras	$V_{\rm d} + V_{\rm vo}\sqrt{2}$
	sur thyristor	n par bras	√2

Fig. 26 - Tension de fonctionnement des fusibles.

	CHOIX DES	Les thyristors TK 1804 Boîtier TO 94 (§ 24.3.4.) seront retenus sous réserve des véri-
	THYRISTORS	fications ci-après.
- 10 H	CHOIX DES FUSIBLES	- Courant efficace par bras : $\overline{I_d}$ = 500 A $\overline{I_d}$ = 400 A $I_1$ = 500 x 0,577 = 289 A $I_2$ = 400 x 0,577 = 231 A
	(§ 24.7.1.)	- Courant efficace par thyristor : l <sub>eff 1</sub> = 289 x 1,1/2 = 159 A (Valeur approchée)
		l <sub>eff 2</sub> = 231 x 1,1/2 = 127 A  - Courant efficace par thyristor durant le passage du courant :
		$I_{\text{eff }3} = \sqrt{(159^2 \times 3 + 127^2 \times 6) \times 1/9} = 139 \text{ A}$
make a dispersion of		- Courant efficace par thyristor sur un cycle : I <sub>eff</sub> = 139 x √9/12 = 121 A
		- Le choix des fusibles se fera dans la gamme URG (§ 24.7.2.).
The street of		- Calibre suivant les influences externes ( $a = 130$ ; $b = 1,25$ )
Walter Town		$A_1 = \sqrt{\frac{130 - 40}{130 - 30}} = 0.95$ ; $B_1 = 1 + \frac{(1.25 - 1)1}{5} = 1.05$ ; $C_1 = A_1 B_1 \approx 1$
and the second		$I_{\text{nb}} = \frac{121}{C_1 C_2}$ $C_1 = 1$ $C_2 = 0.7$ $I_{\text{nb}} = \frac{121}{1 \times 0.7} = 173 \text{ A}$
		1 2
		- Calibres suivant les variations de courant ( $C_3 = 0,6$ ). - Multiples de $I_n$ (Courbe de préarc AA' Fig. 20).
		$t_1 = 180 \text{ s} \rightarrow M_1 = 1.9 \text{ ; } t_2 = 360 \text{ s} \rightarrow M_2 = 1.75 \text{ ; } t_3 = 540 \text{ s} \rightarrow M_3 = 1.7$
		$I_{\text{nc1}} = \frac{159}{1,9 \times 0,6} = 140 \text{ A}$ ; $I_{\text{nc2}} = \frac{127}{1,75 \times 0,6} = 121 \text{ A}$ ; $I_{\text{nc3}} = \frac{139}{1,7 \times 0,6} = 136 \text{ A}$
		1,9 x 0,6 1,75 x 0,6 1,7 x 0,6 1,7 x 0,6 - II faut choisir le calibre égal ou immédiatement supérieur à 173, 140, 121 ou 136 A.
		<ul> <li>On choisit 12 fusibles 200 A référence : URGG taille 30 de 200 A.</li> <li>Calibre suivant les surcharges exceptionnelles (C<sub>4</sub> = 0,8) crête asymétrique :</li> </ul>
		3 400 A soit 3 400/ $\sqrt{2}$ = 2 400 A <sub>eff</sub> durant 15 ms ( $I_{cc1}$ )
		$l_{\text{cc2}} = 1400 \text{ A}_{\text{eff}}$ $t_1 = 15 \text{ ms} \rightarrow M = 4.8$ $t_2 = 250 \text{ ms} \rightarrow M = 3.7$
		$I_{\text{nd1}} = \frac{2400 \times 1,1 \times 0,577}{4,8 \times 0,8 \times 2} = 198 \text{A}$ $I_{\text{nd2}} = \frac{1400 \times 1,1 \times 0,577}{3,7 \times 0,8 \times 2} = 150 \text{A}$
		<ul> <li>(Courant dans chaque thyristor lors d'un court-circuit côté continu.)</li> <li>Il faut des fusibles de calibre supérieur à 198 A pour qu'ils supportent le défaut éliminé par le disjoncteur : les fusibles URGG taille 30 de 200 A conviennent.</li> </ul>
ILE -	CONTRÔLE DES PROTECTIONS	<ul> <li>La tension de rétablissement ou d'utilisation des fusibles est 230 V (λ = 1).</li> <li>La tension de coupure pouvant apparaître aux bornes d'un fusible lors de son fonctionnement (donc aux bornes du thyristor placé en parallèle) vaut 600 V (Fig. 24).</li> <li>Les thyristors TK 1804 ne conviennent pas (V<sub>RRM</sub> = 400 V).</li> </ul>
-	1110120110110	Il faut des thyristors TK 1806 boîtier TO 94 (V <sub>RRM</sub> = 600 V).
- 0.0		– Défaut interne (cas le plus défavorable) $V_{vo}$ = 230 V.
and the same of the same of		- /²t thyristor = 20 000 A²s (§ 24.3.4.).
		$-l^2t$ maximum de fonctionnement du fusible = 24 500 A <sup>2</sup> s (§ 24.7.2.). - Pour une tension de fonctionnement de 230 V, $K = 0.42$ (Fig. 25).
		$-1^2t$ fusible = 24 500 x 0,42 = 10 300 A <sup>2</sup> s.
		La protection est assurée car la contrainte thermique $I^2t$ des thyristors est de 20 000 $A^2s$ . (On suppose que le défaut n'affecte qu'un seul thyristor d'un bras.)
		Courant efficace de l'onde asymétrique dans chaque thyristor :
		2 400 x 1,1 x 0,577/2 = 762 A soit $762^2$ x 0,015 = 8710 $A^2$ s < $I^2$ t thyristor.
	CHOIX DES	- La conduction maximum de chaque thyristor est $\theta$ = 120°; $I_0$ = 114 A - Pour $\theta$ = 120° $I_d$ = 0,9 $I_0$ ( <i>Fig. 7</i> ) soit 100 A (les thyristors TK 1806 conviennent).
	DISSIPATEURS	$-V_{TM}$ = 1,5 V; $t_{vj}$ = 125 °C; $t_{case}$ = 80 °C (§ 24.3.4.).
	(§ 24.8.1.)	$-P_{\rm d} = 1.5 \times 100 = 150 \text{W}.$
		$-t_{\rm case}$ maxi ( $\theta$ = 120 °) = 72 °C ( <i>Fig. 8</i> ). $-R_{\rm th\ jc}$ ( $\theta$ = 120°) = 0,332 °C/W ; $R_{\rm th\ cr}$ = 0,1 °C/W (tableau § 24.8.2.) : montage direct.
James Land		- <b>Méthode 1</b> : $R_{\text{th ra}} = R_{\text{th ja}} - R_{\text{th jc}} - R_{\text{th cr}} = \frac{125 - 40}{150} - 0,332 - 0,1 = 0,135 ° C/W$
		- <b>Méthode 2</b> : $R_{th ra} = R_{th ca} - R_{th cr} = \frac{125 - 40}{150} - 0.1 = 0.113$ °C/W.
Lipyin		Le § 24.8.7. donne un profil WK 150 à ventilation forcée 5 m/s par thyristor.
	EN RÉSUMÉ	II faut : – 12 thyristors 180 A TK 1806. – 12 fusibles URGG taille 30 de 200 A. – 12 profils WK 100 ventilé à 5 m/s.

# **ÉTUDE D'UNE** - On désire réaliser une alimentation stabilisée de 15 V fournissant un courant de sor-ALIMENTATION tie de 6 A maximum, protégée contre les courts-circuits. STABILISÉE - On envisage une régulation série par transistor ballast à partir d'une tension redressée filtrée de 21,5 V à vide. - Température ambiante : 30 °C maximum. Schéma de principe T: transistor ballast V<sub>NR</sub>: tension redressée filtrée non régulée V<sub>R</sub>: tension régulée ls : courant de sortie Régulateu Le circuit de régulation limite le courant Is à 6 A, il permet un éventuel réglage de la tension V Référenc de sortie. ÉTUDE DU - Le composant sélectionné est un transistor du type 2N 3771. **BALLAST EN** (Généralement on choisit un transistor dont la puissance dissipée vaut 4 à 5 fois la FONCTIONNEpuissance normale à dissiper.) MENT NORMAL Puissance à dissiper : 6 x 6,5 = 39 W (V<sub>CF</sub> = 21,5 - 15 = 6,5 V). - Caractéristiques du transistor 2N 3771 (Tableau § 24.6.4.) $-I_{c} = 30 \text{ A}$ ; $V_{CEO} = 40 \text{ V}$ ; $P_{d} = 150 \text{ W}$ ; $R_{th ic} = 1,17 \, ^{\circ}\text{C/W}$ ; Boîtier TO 3 - Rth cr = 1 °C/W ramenée à 0,2 °C/W par utilisation d'une graisse aux silicones (§ 24.8.2. et 24.8.3.). - On se fixe une résistance thermique Rth ra de 1 °C/W $-R_{th ia} = 1,17 + 0,2 + 1 = 2,37 \text{ °C/W}$ $-P_d \text{ maxi} = \frac{t_{\text{vj}} - t_{\text{amb}}}{P_{\text{th ia}}} = \frac{200 - 30}{2.37} = 72 \text{ W}$ 24.9.3. **ALIMENTATION** $-t_{case} = t_{amb} + P_{d maxi} R_{th ca}$ STABILISÉE À $-R_{th ca} = R_{th cr} + R_{th ra} = 0.2 + 1 = 1.2 \text{ °C/W}$ **TRANSISTOR** $-t_{case} = 30 + (72 \times 1,2) = 117 \,^{\circ}\text{C}.$ - Pour une température t<sub>case</sub> de 117 °C, la puissance que peut dissiper le transistor est de 50 % par rapport à une température t<sub>case</sub> de 25 °C (Fig. 11). - Tracer sur le réseau Fig. 12 la nouvelle aire de sécurité $P_{\text{max}}/2 = 150/2 = 75 \text{ W}$ (tcase = 117 °C). - Le point de fonctionnement doit se trouver dans le nouveau domaine de sécurité : $I_{\rm c} = 6 \text{ A}$ ; $V_{\rm CE} = V_{\rm NR} - V_{\rm R} = 21,5 - 15 = 6,5 \text{ V}$ . - Point A (Fig. 12): il est bien à l'intérieur de cette zone. $-\Delta t = t_{case} - t_{amb} = 117 - 30 = 87 \, ^{\circ}\text{C}.$ CHOIX DU DISSIPATEUR − P<sub>d</sub> = 72 W. Le tableau § 24.8.6. donne un profil KS 1145 - 75. COMPORTE- En court-circuit le transistor doit supporter 6 A sous 21,5 V (V<sub>R</sub> = 0V). MENT DU - Point B (Fig. 12): Il n'est plus à l'intérieur de la zone de sécurité. **TRANSISTOR** - On prévoit un système de mise hors tension supplémentaire pour que le point B EN COURTreste dans les limites de l'aire de sécurité relative au régime d'impulsion unique. CIRCUIT - On suppose que le système de protection coupe le circuit en moins de 100 ms. - Température du boîtier en régime normal : $t_{case} = 30 + (1.2 \times 39) = 77 \, ^{\circ}\text{C}$ . - Au moment du court-circuit le transistor doit débiter 21,5 x 6 = 129 W pendant 100 ms. $-t_{case} = 25 \,^{\circ}\text{C}$ ; 100 ms; $P_{d} = 320 \,\text{W}$ (Fig. 12). $-t_{case} = 77 \,^{\circ}\text{C}$ ; 100 ms; 70 % de $P_{d}$ (Fig. 11). $-P_{\rm d}$ = 320 x 0,7 = 224 W. Ce qui donne $I_{\rm c}$ max (100 ms) = 224/21,5 = 10,4 A. - Le courant étant limité à 6 A, la protection prévue assure une bonne protection du montage.

# 25. MESURE ÉLECTRIQUE INDUSTRIELLE

# 25.1 MULTIMÉTRIE

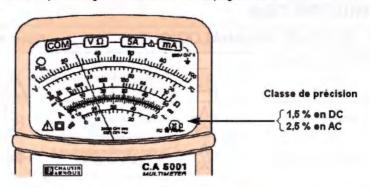
# 25.1.1. MULTIMÉTRIE ANALOGIQUE

(D'après MÉTRIX - CHAUVIN ARNOUX)

SYMBOL	ES DES CADRANS				
	Continu	1,5 DC 2,5 AC	Classe de précision au-dessus du symbole de position	$\triangle$	Consultez la notice
~	Alternatif	$\Rightarrow$	Tension d'épreuve 500 V	(42)	Référence à la norme NF C 42-100
$\overline{\sim}$	Continu et alternatif	☆	Tension d'épreuve supérieure à 500 V (Ex. : 2 kV 50 Hz)	*	Redresseur
	Cadran horizontal	☆	Appareil dispensé de l'épreuve	100 mV	Shunt et chute de tension correspondante
	Cadran vertical	÷	Borne de Terre	-R-	Résistance additionnelle
/60°	Cadran incliné (60°)	Ö	Remise à zéro	公型	Inductance additionnelle
Z	Impédance additionnelle		Appareil à aimant mobile		Appareil magnétoélectrique avec shunt extérieur et chute de tension correspondante
	Écran électrique	*	Logomètre (quotient-mètre) à aimant mobile	<b>□</b>	Appareil magnétoélectrique à redresseur
0	Écran magnétique		Appareil ferromagnétique	→	Appareil magnétoélectrique à redresseur et transformateur de courant incorporé
AST	Appareil astatique	<b>*</b>	Appareil à fer mobile et à aimant		Protection magnétique
	Appareil magnétoélectrique		Logomètre (quotient-mètre) ferromagnétique		Appareil ferrodynamique
	Logomètre (quotient-mètre) magnétoélectrique		Appareil électrodynamique sans fer	$\aleph$	Logomètre (quotient-mètre) électrodynamique
	Logomètre (quotient-mètre) ferrodynamique		Thermocouple non isolé pour mesure des valeurs efficaces	Appareil ferromagnétique La suspension de la bobine est sur pivots L'échelle peut être normale, moteur ou dilatée Avantages: L'appareil fonctionne en alternatif et continu. La loi d'échelle est fonction de la valeur efficace. Appareil magnétoélectrique La suspension est assurée par pivots ou pa ruban tendu. L'appareil fonctionne en alter natif. L'échelle est linéaire. Avantages: Faible consommation. Attention: pas de ruban tendu sur des montages instables mécaniquemen (groupe électrogène). Appareil magnétoélectrique à redresseurs Caractéristiques identiques à apparei magnétoélectrique, mais avec un pont de	
0	Appareil à induction	-//	À brancher sur transforma- teur de tension TT 400/100 V		
	Logomètre (quotient-mètre) à induction	2 kA/m	Intensité de champ magné- tique exprimée en kiloampères par mètre produisant une va- riation correspondant à l'indice de classe (2 kA/m)		
$\Rightarrow$	Appareil bimétallique	10 kV/m	Valeur de champ électrique exprimée en kilovotts par mètre produisant une varia- tion correspondant à l'indice de classe (10 kV/m)		
9	Appareil électrostatique	Un indicateur porte toujours inscrit sur son cadran la valeur de son calibre.  Exemple: 2 mA, 100/5 A, 400/100 V Sauf si le calibre est direct, celui-ci correspondant aux graduations de l'échelle du cadran. Exemple: voltmètre gradué de 0 à 250 V et d'un calibre de 250 V.		diodes pour redresser l'alternatif.  Avantages : L'appareil fonctionne en alternatif et continu La bande passante est étendue jusqu'à 10 kHz. Loi d'échelle fonction de la valeur	
\\/	Appareil à lames vibrantes				

# **CLASSE DE PRÉCISION**

La classe de précision caractérise la précision relative de l'appareil de mesure. Elle fournit les limites d'erreurs garanties en pourcentage de la valeur finale de la plage de mesure.



# ERREUR ABSOLUE (AV):

L'erreur absolue maximale en tout point de la lecture est définie par :  $\Delta V$  : incertitude de lecture de part et d'autre de la tension lue.

 $\Delta V = \frac{\text{Classe. calibre (V)}}{100}$ 

# Exemple:

Voltmètre de classe 2,5 sur le calibre 100 V AC.

$$\Delta V = \frac{2,5.100}{100} = \pm 2,5 V$$

# **ERREUR RELATIVE:**

L'erreur relative (ε) traduit la précision de mesure. Elle s'exprime en pourcentage.

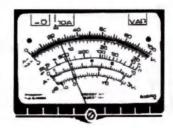
Exemple: tension en volts.

$$\varepsilon \text{ (\%)} = \frac{\Delta \text{V. 100}}{\text{V lue}}$$

# Exemple sur calibre tension 100 V AC:

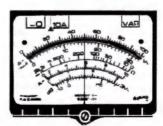
Valeur lue = 25 V

MULTIMÈTRIE ANALOGIQUE



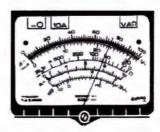
$$\varepsilon$$
 (%) =  $\frac{2,5.100}{25}$  = 10 %

Valeur lue = 50 V

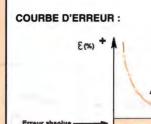


$$\varepsilon$$
 (%) =  $\frac{2,5.100}{50}$  = 5 %

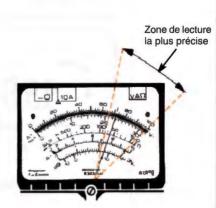
Valeur lue = 75 V



$$\varepsilon$$
 (%) =  $\frac{2,5.\ 100}{75}$  = 3,33 %



# **CONCLUSION:**



L'erreur relative diminue si la valeur lue se rapproche de la pleine échelle.

On considère que dans le dernier tiers de l'échelle l'erreur de mesure est faible, donc la valeur mesurée est précise.

Erreur relative

80 100

# **CLASSIFICATION DES APPAREILS DE MESURE:**

25.1.2 MULTIMÉTRIE NUMÉRIQUE

Appareils de mesure	Classe de précision		
	de l'appareil	de l'accessoire	
Appareils de mesure de précision	0,1	0,05	
	0,2	0,10	
	0,5	0,20	
Appareils de mesure de service	1	0,5	
	1,5	0,5	
	2,5	1	
	5	1	

# Résolution:

C'est le plus petit écart décelable sur un appareil de mesure numérique.

Exemple: Afficheur 2 000 points, calibre utilisé 1 volt

Mesure : 1 volt pleine échelle \_\_\_\_\_\_\_1.000

Mesure de la plus petite valeur sur le calibre 1 volt \_\_\_\_\_\_ .001 soit 1 mV

La résolution sera de 1 mV sur le calibre 1 V.

#### Précision:

Elle est généralement donnée en pourcentage de la lecture avec plus ou moins une erreur constante qui s'exprime en « digit ».

## Exemple:

V DC et AC (1)	2 V	20 V	200 V	600 V (2)
Résolution	1 mV	10 mV	100 mV	1 V
Précision (3)	±2%	± 1 pt en	DC et ± 3 %	L ± 5 pts en AC
Surcharge admissible	1 000 \	/ eff. penda	ant 5 seconde	es

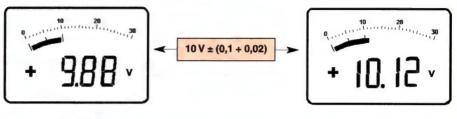
- (1) Domaine d'utilisation : 10 Hz à 400 Hz sinusoïdal (bande passante).
- (2) Affichage 2 000 points limité à 600 V eff.
- (3) récision en pourcentage de la lecture.

La précision Erreur de mesure maximum (± 2 % en DC)

Erreur de base (± 1 point en DC)

# Exemple de calcul:

- Afficheur : 2 000 points, précision ± 1 % ± 2 points.
- Calibre : 20 volts, on mesure une tension de 10 volts.
- L'écart de mesure est de : ± (0,1 + 0,02), soit :



10 - 0.1 - 0.02 = 9.88 V

10 + 0.1 + 0.02 = 10.12 V

Résultat : La mesure se situe entre 9,88 V et 10,12 V

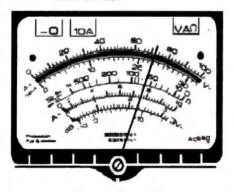
# À RETENIR :

Sur les multimètres numériques, l'erreur relative est constante sur toute la plage de mesure. L'erreur de mesure relative ne dépend pas de la valeur mesurée.

# **ÉTUDE COMPARATIVE DES DEUX TECHNIQUES:**

# MULTIMÉTRIE NUMÉRIQUE

# **ANALOGIQUE**



**Particularités** 

- Impédance d'entrée basse.
- Perception immédiate de la tendance du signal.
- Affichage stable même sur les signaux parasités (intégration du signal).
- Pas de consommation de piles (sauf ohmmètre).

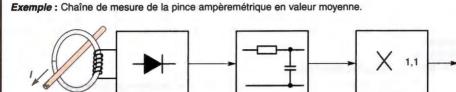
# NUMÉRIQUE



**Particularités** 

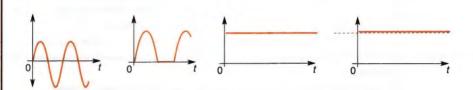
- Impédance d'entrée élevée.
- Pas de consommation sur les entrées.
- Précision élevée sur toute la gamme.
- Excellente résolution.
- Grande facilité de lecture.
- Plus de fonctions.
- Robustesse (pas de mécanisme).

# PRINCIPE: La mesure d'une grandeur alternative sinusoïdale est affectée par un redressement, puis par un filtrage du signal qui donne une valeur moyenne (AVG). Cette dernière est ensuite affectée d'un coefficient pour donner la valeur efficace.

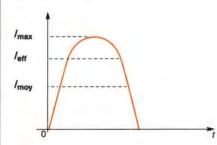


/ signal / redressée / moyen / eff.

25.1.3. MESURE EN VALEUR MOYENNE



Note: Le passage d'une valeur moyenne (sur signal sinusoïdal redressé) à une valeur efficace est affecté d'un coefficient 1,1.



 $I_{\text{max}} = I_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$   $I_{\text{eff}} = 1,1 \times I_{\text{moyen}}$   $I_{\text{moyen}} = 0,9 \times I_{\text{eff}}$ 

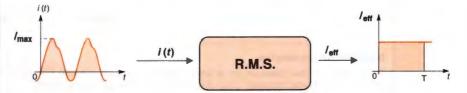
# PRINCIPE:

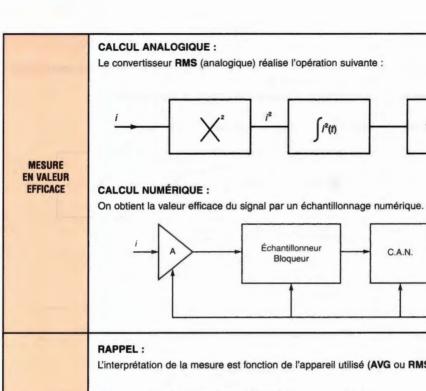
Les appareils numériques actuels sont dotés de circuits de calcul RMS (Root Mean Square), afin de mesurer exactement la valeur efficace vraie (eff.).

Exemple: Pour un courant, la valeur efficace vraie est donnée par la relation :

25.1.4. MESURE EN VALEUR EFFICACE

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{0}^{T} I^{2}(\mathbf{f}) \, d\mathbf{f}}$$





L'interprétation de la mesure est fonction de l'appareil utilisé (AVG ou RMS).

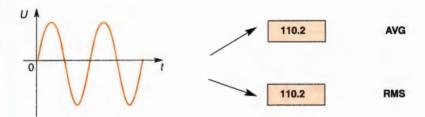
Échantillonneur

Bloqueur

μΡ

C.A.N.

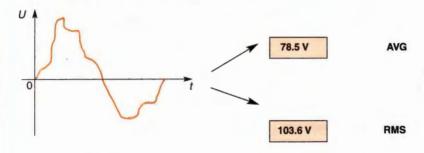
a) Exemple avec un signal non déformé (signal sinusoïdal)



# Interprétation des résultats :

on constate que la mesure est identique sur un signal sinusoïdal pur avec un appareil de type AVG ou de type valeur efficace.

b) Exemple avec un signal déformé (signal non sinusoïdal) :



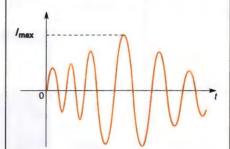
# Interprétation des résultats :

l'écart entre les deux mesures sur un signal déformé peut atteindre 30 % à 50 %. Pour effectuer une mesure sur un signal déformé, il faut obligatoirement utiliser un appareil RMS.

# 25.1.5. SIGNAUX SINUSOÏDAUX **OU DÉFORMÉS**

# RAPPEL:

Le facteur de crête  $F_C$  d'un signal est le ratio de la valeur  ${\mbox{\bf Max}}$  sur la valeur efficace.



Exemple d'un courant alternatif présen-

tant un maximum de courant

# Exemple:

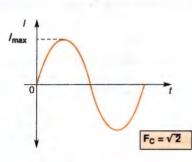
Pour un courant /

$$F_{C} = \frac{I_{\text{max}} (1/2 \text{ période})}{I_{\text{RMS}}}$$

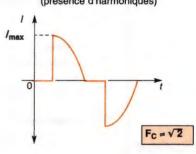
La valeur du facteur de crête nous renseigne sur la forme du signal (sinusoïdal ou déformé).

Deux cas peuvent se présenter :

# Signal sinusoïdal



Signal déformé (présence d'harmoniques)



25.1.6. FACTEUR DE CRÊTE

# FORME D'ONDE AVEC SON FACTEUR DE CRÊTE :

Forme du signal (courant)	/ moyen (1/2 période)	/ efficace	Facteur de crête
	0,636 Î	0,707 Î	1,414
	0,5 Î	0,577 Î	1,732
0 t	1 Î	1 <i>Î</i>	1
0 t	0,32 Î	0,5 Î	2

À retenir :

F<sub>c</sub> = 1,414 ⇒ Signal sinus

F<sub>c</sub> ≠ 1,414 ⇒ Signal déformé

en particulier :

F<sub>c</sub> = 1 ⇒ Signal carré

F<sub>c</sub> = 2 ⇒ Signal présentant des pics

# MATÉRIEL INFORMATIQUE (micro-ordinateur, bureautique...)

Ce matériel génère des signaux déformés et il est particulièrement sensible à ces signaux. Un appareil de mesure **RMS** permettra de déterminer le facteur de crête  $F_c$  ( $I_{crête}/I_{rms}$ )

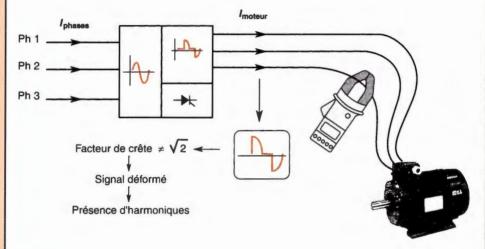


Si F<sub>c</sub> = 2 = 1,414 ⇒ le signal est sinusoïdal, donc pas d'harmonique.

Si  $F_c \neq \sqrt{2} \neq 1,414 \Rightarrow$  présence d'harmoniques, donc le signal n'est plus sinusoïdal.

Note : il y a un risque de perturbations électriques.

# **ALIMENTATION D'UN MOTEUR ALTERNATIF PAR UN VARIATEUR À THYRISTORS :**



25.1.7.
APPLICATIONS
GÉNÉRANT
DES
SIGNAUX
DÉFORMÉS

La mesure sur une alimentation à découpage est un exemple classique de mesure de courant déformé (non sinusoïdal).

Elle doit s'effectuer avec un appareil TRMS et gagne en facilité de manipulation avec une pince appropriée.

# PRINCIPALES CHARGES « NON LINÉAIRES » :

- Les convertisseurs de puissances ;
- les convertisseurs de fréquences statiques ;
- les alimentations à découpage (informatique...) ;
- les onduleurs ;
- les moteurs pilotés par variateurs électroniques ;
- les fours à arcs, les machines à souder ;
- l'éclairage fluorescent doté de ballast électronique.

Sur ces charges, on privilégiera la mesure avec des pinces de courant **TRMS** ou des pinces multimètres **RMS** qui traitent ces formes de signaux et permettent de connaître la valeur des **facteurs de crête** du courant.

# CRITÈRES DE CHOIX D'UNE PINCE AMPÈREMÉTRIQUE :

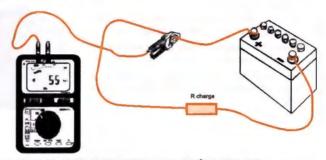
- nature du courant : alternatif (pinces transformateurs)
   et/ou continu (pinces à effet Hall);
- intensité maximale à mesurer ;
- diamètre maximum des câbles (ouverture maximale des mâchoires);
- précision ;
- plage de fréquence (bande passante) ;
- signal de sortie qui doit correspondre au calibre du multimètre ou à la nature du signal de l'oscilloscope associé (rapport de transformation, connecteur de sortie...).

# MESURE D'UN COURANT CONTINU EN SORTIE D'UNE BATTERIE :

L'utilisation d'une pince ampèremétrique évite l'ouverture du circuit, facilitant ainsi la prise de mesure.

## Exemple :

Multimètre associé à une pince à effet Hall.

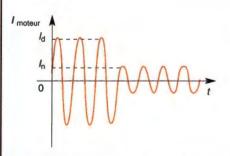


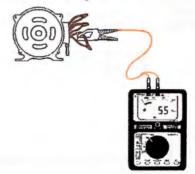
# MESURE D'UN COURANT ALTERNATIF D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE :

La pince associée au multimètre donne la valeur du courant nominal (In) du moteur.

La fonction « crête » (1 ms) du multimètre précise le courant de démarrage moteur.

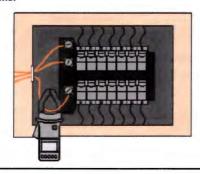
Forme du signal





# TABLEAU ÉLECTRIQUE. ARMOIRE ÉLECTROMÉCANIQUE :

- Mesure du courant RMS dans la partie du circuit jusqu'à 700 A.
- Contrôle du courant déformé avec la valeur du facteur de crête F<sub>c</sub> = √2, ou F<sub>c</sub> ≠ √2.
- Acquisition RMS sur 100 ms.



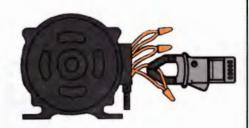
#### TRANSFORMATEUR BASSE TENSION:

- Contrôle de l'équilibrage sur chaque phase d'alimentation.
- Mesure de l'intensité RMS débitée par le transformateur.
- Détection de la présence d'harmoniques dans le conducteur neutre (à l'aide de la fonction fréquence).



# MOTEURS TRIPHASÉS :

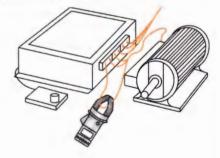
- Mesure et enregistrement du courant de démarrage avec la fonction : Peak (1 ms)/Record.
- Mesure du courant efficace RMS (100 ms) en régime permanent.
- Si le signal courant est instable, il faut activer la fonction Smooth (lissage de la mesure pendant 3 s).



# MESURES À L'AIDE DE PINCES AMPÈRE-MÉTRIQUES

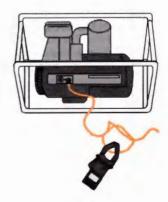
# MOTEUR ASYNCHRONE PILOTÉ PAR VARIATEUR DE VITESSE :

- Mesures simultanées de la fréquence et du courant (bargraph) du moteur; la fréquence est l'image de la vitesse.
- Contrôle de la stabilité du rapport fréquence/courant lors de la variation de vitesse.
- Mesure du courant de démarrage
- ⇒ Peak (1 ms)



# **PETIT GROUPE ÉLECTROGÈNE:**

- Mesure du courant, détection d'une surcharge éventuelle.
- Contrôle de la fréquence du groupe.



# 25.2. SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE ET MESURES ASSOCIÉES

(D'après MÉTRIX-CHAUVIN ARNOUX)

25.2.1. NORMES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES En AMONT des bornes de sortie du disjoncteur de branchement

Norme NF C 14-100

En AVAL des bornes de sortie du disjoncteur de branchement

Norme NF C 15-100

appliquée via le décret du 14/11/1988 et l'arrêté du 20/12/1988.

les contrôles sont effectués par :

- les installateurs.
- les organismes de contrôle.

Résistivité des sols.

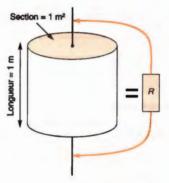
les contrôles sont effectués par :

le distributeur d'énergie (EDF,...).

Qu'est-ce que la résistivité d'un terrain ?

Elle s'exprime en ohm. mètre et correspond à la résistance théorique d'un cylindre de terrain de 1  $m^2$  de section et de 1 m de longueur.

Elle traduit la résistance d'un terrain face à la circulation d'un courant.



25.2.2. MESURES DE TERRE ET DE RÉSISTIVITÉ

> La résistivité des sols est très variable suivant les régions et la nature des terrains.

> Elle dépend du taux d'humidité et de la température.

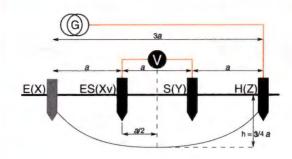
Le gel ou la sécheresse augmente la résistivité.

Nature du terrain	Résistivité (en Ω · m)
Terrains marécageux	de quelques unités à 30
Limon	20 à 100
Humus	10 à 150
Tourbe humide	5 à 100
Argile plastique	50
Marnes et argiles compactes	100 à 200
Marnes du jurassique	30 à 40
Sables argileux	50 à 500
Sables siliceux	200 3 000
Sol pierreux nu	1 500 à 3 000
Sol pierreux recouvert de gazon	300 à 500
Calcaires tendres	100 à 300
Calcaires compacts	1 000 à 5 000
Calcaires fissurés	500 à 1 000
Schistes	50 à 300
Micaschistes	800
Granits et grès en altération	1 500 à 10 000
Granits et grès très altérés	100 à 600

# Comment mesurer la résistivité ?

# - MÉTHODE DE WENNER:





- ρ : résistivité du sol à la profondeur h = 3/4 a.
- R : résistance lue sur l'appareil.
- a : distance entre les piquets.

La valeur trouvée doit être la plus faible possible.

# Quelle méthode utiliser suivant les cas ?

Bâtiment à la campagne avec possibilité de planter des piquets

- Méthode des 62 %
  - Méthode en triangleMéthode variante des 62 %
  - Mesure de boucle Phase-PE

Bâtiment en milieu urbain, sans possibilité de planter des piquets



Méthode variante des 62 %Mesure de boucle Phase-PE

Réseaux de terres multiples en parallèle



Pince de terreMéthode variante des 62 %

# Quelle valeur faut-il trouver ?

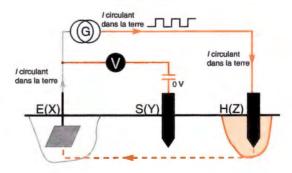
Aucune tension supérieure à 50 V en milieu sec et 25 V en milieu humide ne doit apparaître sur les masses accessibles par les utilisateurs.

$$R_{\text{terre}} < \frac{25 \text{ V}}{I_{\text{DDR}} \text{ max}} = \frac{25}{0.5} = 50 \Omega$$

# - MÉTHODE DES 62 % :

Issue de nombreux essais de terrain, c'est la seule méthode qui donne des résultats fiables.

$$R_{\rm E} = \frac{U_{\rm ES}}{I_{\rm EH}}$$



ES: 62 % de la distance EH

ATTENTION: Dans un bâtiment neuf, il faut toujours déconnecter la barrette de terre avant la mesure.

MESURE DE TERRE

ET DE

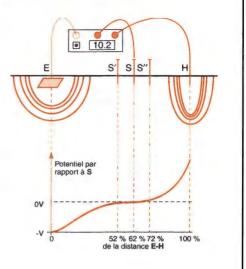
RÉSISTIVITÉ

Le piquet tension **S** doit être dans une zone neutre de référence 0 V hors des **zones d'influence** des piquets **E** et **H**.

Distance EH > 25 mètres (EDF préconise 100 mètres)

# Vérification :

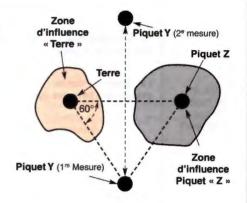
Il faut déplacer le piquet **S** de ± **10** % en avant ou en arrière. La mesure ne doit pas changer.



# - MÉTHODE EN TRIANGLE :

Cette méthode donne des résultats moins fiables que la méthode des 62 %.

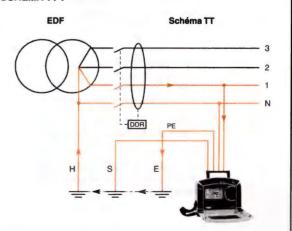
En effet, les distances entre piquets étant plus faibles, les risques de chevauchement des zones d'influence sont plus importants.



# - MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMATT :

Cette méthode est identique et aussi précise que la méthode 62 %. La mesure est alimentée à partir du secteur.

Un seul piquet S est à planter.



Cette méthode donne la valeur exacte de la terre du client (RE).

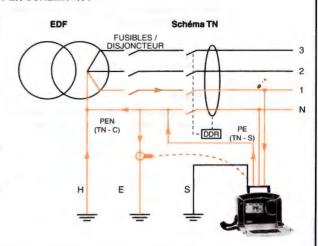
# - MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMA TN :

Dans ce schéma, les terres sont fonctionnelles et non de sécurité puisque les courants de défaut se rebouclent principalement dans le neutre.

On peut quand même mesurer sélectivement chaque mise à la terre du **PEN** grâce à une pince de courant associée au contrôleur multifonction.

La terre globale n'a pas vraiment de sens.

La tension de défaut et l'impédance de la boucle Phase-PE sont plus intéressantes.

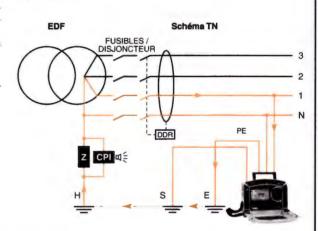


# - MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMA IT :

Avant la mesure, vérifier que l'installation n'est pas en état de premier défaut non supprimé.

Le transformateur ne doit pas être isolé de la terre.

La mesure donne la valeur exacte de la terre des masses  $R_{\rm F}$ .



# MESURE DE TERRE ET DE RÉSISTIVITÉ

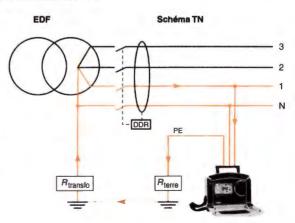
# - MESURE DE LA BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMATT :

But: mesurer rapidement la terre en milieu urbain sans planter de piquets.

# La mesure inclut :

- terre à mesurer,
- terre du transformateur,
- résistance interne du transformateur.
- résistance des câbles, soit environ la terre à mesurer.

La mesure est une mesure par excès (valeur réelle toujours inférieure).



# - MESURE DE BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMA TN :

La mesure de boucle Phase-PE fournit la résistance de la boucle de défaut.

Cela permet de calculer le courant de court-circuit et donc de dimensionner les fusibles ou les disjoncteurs, mais aussi de vérifier la tension par défaut.

# - MESURE DE BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMA IT :

La mesure de boucle Phase-PE inclut la forte impédance de mise à la terre du transformateur. La mesure fournit donc la résistance de boucle de premier défaut et non pas la terre.

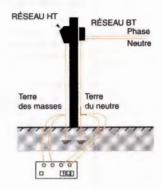
Si le transformateur est isolé, la mesure est erronée.

# - MESURE DE COUPLAGE :

Couplage = influence d'une terre sur une autre (en cas de foudre...).

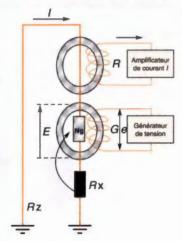
- 1) Mesurer la terre des masses (méthode 62 %).
- 2) Mesurer la terre du neutre (méthode 62 %).
- 3) Mesurer la résistance masses/neutre (voir schéma 4 fils ci-contre).

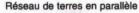
$$R_{\text{couplage}} = (R_{\text{masses}} + R_{\text{neutre}} - R_{\text{masse/neutre}})/2$$
Coefficient de couplage =
 $R_{\text{couplage}}/R_{\text{masses}} < 0.15$  (à EDF)



# LA PINCE DE TERRE :

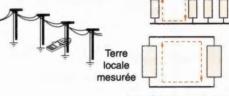
Principe : Z = E générée/I mesurée





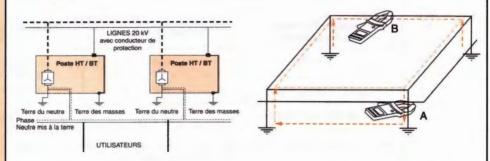


La résistance équivalente aux terres en parallèle avec la terre à mesurer est négligeable.



Les résistances de terre en parallèle ont une résistance équivalente négligeable

# Applications:



Terre, masses et neutre de transformateur HT/BT.

Continuité des boucles fond de fouille.

# Pourquoi mesurer l'isolement?

# Une baisse du niveau d'isolement signifie :

- un danger potentiel d'électrocution des personnes ;
- un danger pour les installations et les matériels (court-circuit, incendie...).

# La mesure de la résistance d'isolement permet :

- la sécurisation pour les personnes des installations et des matériels électriques utilisés ;
- la surveillance du vieillissement des machines et ainsi la réduction des temps d'immobilisation.

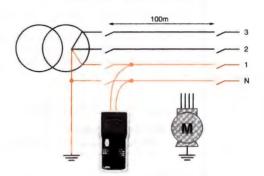
# **ISOLEMENT ENTRE CONDUCTEURS:**

#### - But ·

Vérifier qu'aucun conducteur n'a subi de dommage mécanique lors de l'installation.

#### - Méthode :

La mesure est faite avant la mise en service, récepteurs débranchés, sur une installation hors tension.



# ISOLEMENT DE L'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION PAR RAPPORT À LA TERRE.

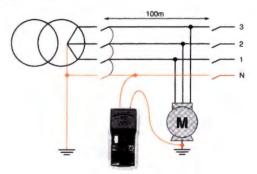
#### - But

Vérifier que tous les conducteurs sont isolés de la terre.

# 25.2.3. MESURE D'ISOLEMENT

# - Méthode :

La mesure est faite avant la mise en service, conducteurs actifs reliés, récepteurs branchés, installation hors tension.



## ASPECT NORMATIF: VALEURS D'ISOLEMENTS MINIMUM.

La NF C 15-100 exige les valeurs minimales ci-dessous :

Tensions nominales de l'installation	Tension de test DC	Résistance d'isolement minimale	
< 50 V	250 V	≥ 0,25 MΩ	
de 50 V à 500 V	500 V	≥ 0,50 MΩ	
de 500 V à 1 000 V	1 000 V	≥ 1 MΩ	

Pour les câbles chauffants noyés dans les parois des bâtiments, l'isolement doit être :

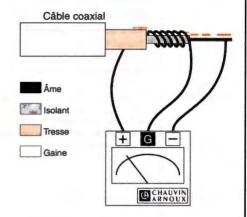
 $> 0,25 \text{ M}\Omega \text{ pour } U_n = 230 \text{ V}$ 

et > 0,4 M $\Omega$  pour  $U_n = 400 \text{ V}$ 

# INTÉRÊT D'UN CIRCUIT DE GARDE.

Au-delà de 1  $G\Omega$ , l'influence de courants parasites à la surface d'un éventuel isolant entre les deux points de mesure fausse le résultat.

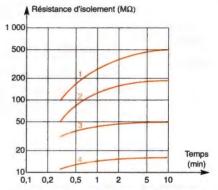
Un circuit de garde permet de sortir ces courants parasites du circuit de mesure et ainsi de garantir la précision du résultat.



# RATIOS DE QUALITÉ D'ISOLEMENT.

La mesure d'isolement sur des éléments capacitifs ou inductifs (moteurs, câbles de grande longueur...) est instable car elle implique 3 courants lors du test :

- un 1<sup>er</sup> courant capacitif qui s'annule dès la composante capacitive chargée;
- un 2º courant d'absorption diélectrique qui s'annule après le courant capacitif;
- un 3º courant de fuite constant, seul représentatif de l'isolement.



Variation typique de la résistance d'isolement en fonction du temps de mesure

La mesure d'un bon isolement ( l<sub>fuite</sub> faible et constant) sera donc perturbée au départ par les courants parasites.

La mesure va croître dans le temps.

# Index de polarisation = $R_{10 \text{ min}}/R_{1 \text{ min}}$

si PI = 2 à 4 7 bon isolement

si PI = 1 à 2 → douteux

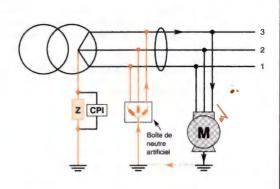
si PI < 1 > dangereux

# Ratio d'absorption diélectrique = R<sub>1 min</sub>/R<sub>30 s</sub>

si DAR > 1,257 bon isolement

si DAR < 1,25 mauvais

# MESURE D'ISOLEMENT SOUS TENSION. Utilisation d'une pince à fuite. - Sans défaut d'isolement : I entrant = I sortant ⇒ Mesure = 0 - Avec défaut d'isolement : MESURE | entrant # | sortant **D'ISOLEMENT** ⇒ Mesure = / fuite Ce cas est fréquent dans les installations IT qui ne peuvent être interrompues. La norme NF C 15-100 recommande de faire la mesure avec un courant de 200 mA sous une tension à vide de 4 à 24 V.

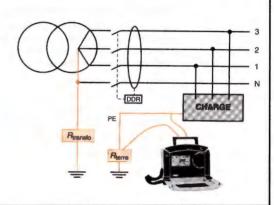


# 25.2.4. MESURE DE CONTINUITÉ

# Le but est de vérifier la résistance du conducteur de masse (PE) qui écoule les défauts à la terre.

La nouvelle norme IEC/EN 61557 recommande de faire la moyenne de deux essais avec + IDC et - IDC

Sa résistance doit être < 2 Ω



# TEST DE DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS (DDR).

Vérifier que les DDR déclenchent à In < Idn mais pas inférieur à 50 % de Idn dans un temps inférieur à 300 ms.

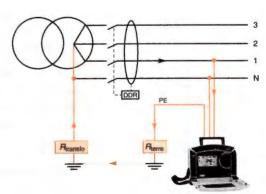
# - Rappel:

Un DDR ne déclenche que sur un défaut Phase-Terre (PE).

# 25.2.5. CONTRÔLE DES DISPOSITIFS **DE PROTECTION**

# - Définitions :

In = courant de test du DDR. Idn = calibre nominal du DDR (10, 30, 100, 300, 500, 1 000 mA). Tension de défaut (UF) = Umasses PE si le courant Idn circulait.



# - MESURES POSSIBLES SUR UN DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL (DDR).

## Tension de défaut :

Essai avec  $l < 50 \% l_{\rm dn}$  de la résistance de boucle et de la tension de défaut ( $U_{\rm F} = R_{\rm boucle} \times l_{\rm dn}$ )

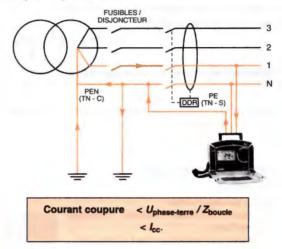
Non-déclenchement à 50 % Idn: essai avec courant constant égal à 50 % Idn.

Temps de déclenchement : essai avec un courant constant égal à  $l_{dn}$  2 x  $l_{dn}$  ou 5 x  $l_{dn}$ .

Courant de déclenchement : essai avec rampe de courant allant de 50 %  $l_{dn}$  jusqu'à  $l_n > l_{dn}$ .

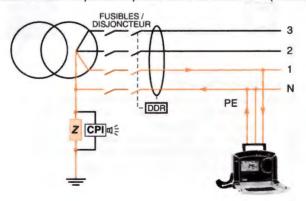
## - Mesure du courant de court-circuit en schéma TN.

En schéma TN, sauf présence de DDR, la protection est assurée par des dispositifs contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs) dès le premier défaut.



# - MESURE DU COURANT DE COURT-CIRCUIT EN SCHÉMA IT.

En schéma IT, la protection est assurée par des dispositifs contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs).



Dans la formule ci-dessous, il faut remplacer : Uphase-neutre par Uphase-phase si le neutre n'est pas distribué.

# 25.3. SÉCURITÉ DES APPAREILS DE MESURAGE

(D'après MÉTRIX CHAUVIN ARNOUX)

# PROTECTION CONTRE LES DANGERS POTENTIELS LIÉS À L'UTILISATION D'UN APPAREIL :

- Danger de chocs électriques ;
- danger lié au feu :
- danger d'incertitude ;
- danger de blessure ;
- danger d'utilisation de rayons ;
- etc.

Norme

EN 61010

ou

IEC 61010

Rappel sur les génériques de la norme IEC 61010.

Tensions AC et catégories :

IEC 61010-2-031 - 600 V CAT. III

**A A** 

Valeur de la tension maximale assignée Phase/Terre\*

Catégorie de surtension\*

\* Il existe quatre catégories de surtension (I, II, III, IV), indication abrégée sur les appareils, les accessoires et les documentations.

# **EXEMPLES DE MARQUAGE:**

# Sur le produit :

Près des douilles d'entrée :

- tension de mode commun, assignée Phase/Terre;
- catégorie de surtension : Cat. I, II, III ou IV ;
- courant maximum d'utilisation;
- renvoi à la documentation technique (mode d'emploi);
- etc.

25.3.1.

SÉCURITÉ

DES

UTILISATEURS

ET

MARQUAGE







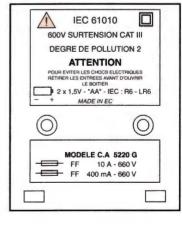




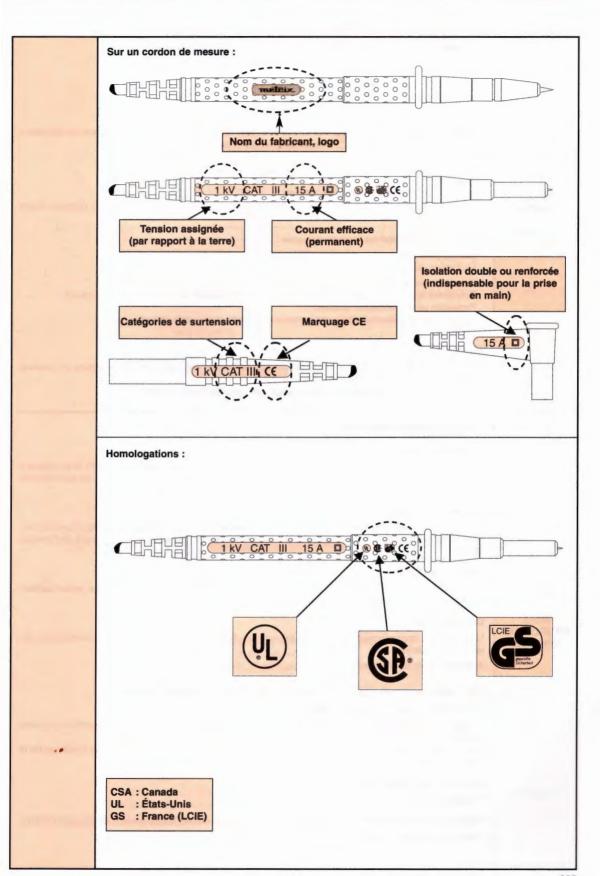
# À l'arrière de l'appareil :

Bien visible, sur une étiquette imperméable ou gravé :

- le symbole double « isolement » (éventuellement) ;
- la nature de l'alimentation ;
- la nature du ou des types de fusibles ;
- les précisions de l'IEC 61010 correspondant à l'appareil ;
- le marquage CE, les marques nationales ;
- etc.



684



# SÉCURITÉ.

# Connaître son application :

- Domaine de mesure avec habilitation (réglementation).
- Niveaux de tension et de surtension (voir norme EN 61010).
- Valeur du courant en usage normal et en cas de défaut.

# Utiliser exclusivement des appareils et des accessoires de raccordement conformes aux normes :

- IEC 61010 ou EN 61010-1 : Généralités, appareils de mesurage...
- IEC 61010 ou EN 61010-2-032 : Pince ampèremétrique...
- IEC 61010 ou EN 61010-3-031 : Cordons, sondes passives...

# 25.3.2. CONSEILS DE SÉCURITÉ

## Veiller au bon état des cordons de mesure :

Les cordons sont plus importants que le multimètre. En cas de défaut, ils sont en contact physique direct avec l'utilisateur.

#### Source d'alimentation ou tension mesurée :

#### - Source primaire :

Connexion sur le réseau de distribution.

#### - Source secondaire :

Connexion après un transformateur, dont le primaire est séparé selon les normes en vigueur. Protection par disioncteurs, fusibles...

Présence éventuelle de limiteurs de surtensions (parafoudre, parasurtenseurs...).

#### Note:

- Dans ce cas, une tension secondaire est considérée comme une catégorie de surtension en dessous de la source primaire.
- Ne pas confondre « catégorie de surtension » et « classe d'isolement ».

# CATÉGORIES DE SURTENSION.

# Catégorie IV (Cat. IV) :

Source primaire, matériel utilisé à l'origine de l'installation, systèmes de lignes aériennes et de câbles y compris les jeux de barres de distribution et les matériels associés de protection contre les surintensités ou de comptage électrique.

# Catégorie III (Cat. III) :

Matériel des installations fixes et lorsqu'il existe des spécifications particulières de fiabilité ou de disponibilité. Matériel à usage industriel avec raccordement permanent à l'installation fixe, appareils de l'installation fixe.

## Catégorie II (Cat. II) :

Matériels consommateurs d'énergie alimentés à partir des installations fixes tels que les appareils électro-domestiques, les outils portatifs et analogues...

# 25.3.3. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

# Catégorie I (Cat. I):

Matériels pour raccordement aux circuits dans lesquels des précautions ont été prises pour limiter les surtensions transitoires

Exemple: (circuits électroniques).

# RECOMMANDATIONS POUR LE CHOIX DES CATÉGORIES DE SURTENSION.

# Mesures sur réseau industriel 230/400 V :

Catégorie III (Cat. III) : utiliser un appareil classé catégorie III ou IV si utilisation permanente ou de catégorie II si utilisation transitoire.

Avec un appareil classé catégorie I ou II, utiliser une sonde atténuatrice ou différentielle de catégorie III ou IV si utilisation permanente.

# Mesure sur le réseau domestique 230 V :

Catégorie II (Cat. II): prises secteur 2P + T.

Mesure sur un circuit électronique protégé ou sur un circuit en très basse tension de sécurité (TBTS) :

Catégorie I (Cat. I): l'alimentation doit être détrompée par rapport aux prises secteur.

## CATÉGORIES DE SURTENSION EN FONCTION DES TENSIONS ASSIGNÉES DE L'INSTALLATION (ALTERNATIVES OU CONTINUES).

V <sub>rms</sub> (AC ou DC)	Tension de tenue au choc par catégorie de surtension									
Phase-Neutre	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Cat. IV						
50	330	500	800	1 500						
100	500	800	1 500	2 500						
150	800	1 500	2 500	4 000						
300	1 500	2 500	4 000	6 000						
600	2 500	4 000	6 000	8 000						
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000						

#### **DEGRÉS DE POLLUTION.**

Le degré de pollution permet la classification du micro-environnement.

- Pollution 1 : C'est une pollution non conductrice ; elle n'a pas d'influence (locaux à humidité et température contrôlés).
- Pollution 2 : C'est une pollution conductrice occasionnelle, uniquement par condensation (cas des ateliers couverts).
- Pollution 3 : C'est une pollution conductrice, correspondant à une utilisation de matériel en ambiance imprévisible ne pouvant être contrôlée (à l'extérieur par exemple).

#### CLASSES D'ISOLEMENT.

- Classe 1 : L'appareil est relié à une terre de protection.
- Classe 2 : L'appareil n'est pas relié à une terre de protection ; il peut véhiculer des tensions dangereuses, mais ses parties conductrices ne sont pas accessibles à l'utilisateur.
- Classe 3 : L'appareil n'est pas sous tension dangereuse (TBTS), soit :
  - < 30 Vac ou 60 Vdc en condition normale,
  - < 50 Vac ou 120 Vdc en condition de premier défaut.

#### Note pour la classe 3

Les réseaux RLC peuvent être générateurs de transitoires de fort niveau (ex : transitoires > 1 kV à partir d'une manipulation en 12 V).

Le cordon d'alimentation doit être différencié d'un raccordement secteur standard et raccordé sur une tension TBTS, selon NF C 20-030

#### EXEMPLE PRATIQUE D'APPLICATION DES NORMES.

Extrait de la notice d'utilisation d'un multimètre.

#### Conformité aux normes :

- Double isolation (selon IEC 61010-1 Cat. III, degré de pollution 2)

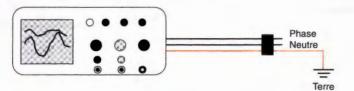
Étanchéité
Autoextinguibilité
Chute libre
Chocs
Viselon IEC 61010
Chocs
Viprations
Décharge électrostatique
IP 50 (selon IEC 529)
V1 et V2 (selon UL 94)
1 m (selon IEC 61010)
0,5 joule (selon IEC 68-2-27)
0,75 mm (selon IEC 68-2-6)
Décharge électrostatique
4 kV classe 2 (selon IEC 801-2)

Champs rayonnés
Transitoires rapides
Chocs électriques
3 V/m (selon IEC 801-3)
2 kV (selon IEC 801-4)
3 kV (selon IEC 801-5)

Conclusion : ce multimètre répond aux spécifications exigées par la norme dans la catégorie de surtension III et au degré de pollution 2.

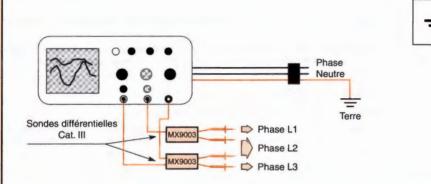


L'appareil est relié à une terre de protection :





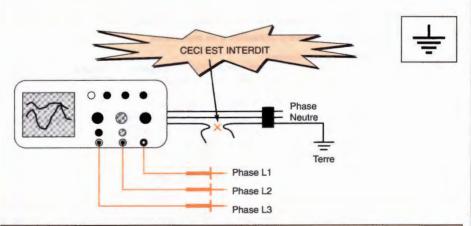
Note : Tout défaut électrique, interne ou externe à l'appareil lié à son utilisation, est évacué sur la terre de protection qui assure la sécurité de l'utilisateur.



SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

Une sonde différentielle isolée présente une forte impédance sur les entrées + et -, ainsi qu'une atténuation (jusqu'à/200).

Le potentiel des phases sera donc diminué à une valeur non dangereuse, soit : < 50 V.

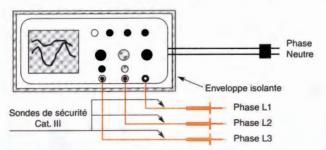


Note: Avec un oscilloscope de classe 1, pour réaliser une mesure flottante sur les trois phases du secteur par exemple, il est nécessaire d'intercaler un transformateur d'isolement et de couper la terre, ce qui est STRICTEMENT INTERDIT.

Dans cette configuration, l'oscilloscope est porté au potentiel de l'une des phases ; cette utilisation ne peut pas garantir la sécurité de l'opérateur.

#### CLASSE 2 EN PRATIQUE.

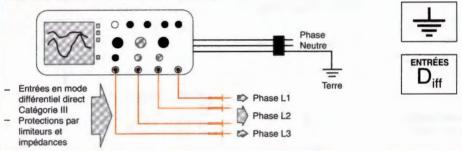
#### Classe 2 : appareil double isolation (ou isolation renforcée)





Note: Si un défaut électrique apparaît, il ne peut être évacué vers la terre de protection (inexistante). En cas de défaut interne ou externe lié à l'opérateur, il est prévu un niveau supplémentaire de protection. Dans le cas d'un oscilloscope, il doit être totalement et doublement isolé de l'alimentation réseau et des entrées de mesure.

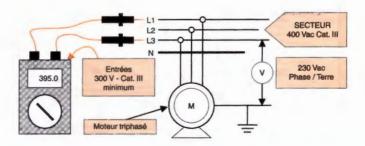
#### ENTRÉES DIFFÉRENTIELLES EN PRATIQUE.



Note: La sécurité est assurée par la terre de protection, classe 1. Les entrées différentielles permettent de se relier sans référence de masse, la séparation totale des circults de mesure évite les courants de circulation de masse, assure une protection avec mode commun > 500 V, grande dynamique de sensibilité 10 mV à 200 V/div., la bande passante de l'oscilloscope est préservée, etc.

#### MULTIMÈTRE AVEC CORDONS.

#### - Environnement industriel:

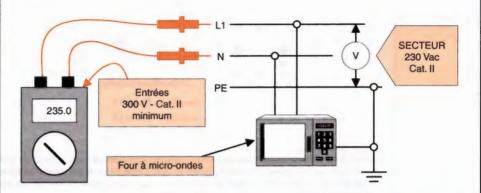


Note: Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :

- tension assignée : 300 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),
- catégorie de surtension III, pour un schéma TT ( $V_1 = V_2 = V_3 = 230 \text{ Vac}$ ).

#### MULTIMÈTRE AVEC CORDONS.

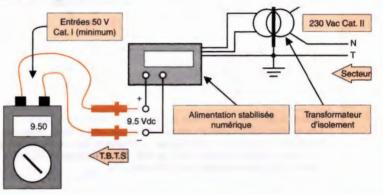
#### - Environnement domestique :



Note : Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :

- tension assignée : 300 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),
- catégorie de surtension II.

#### - Application, montage TBTS:

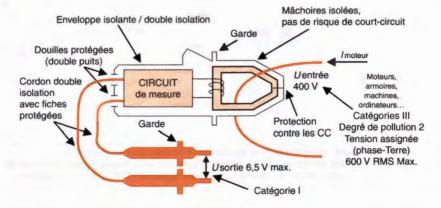


SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

Note: Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :

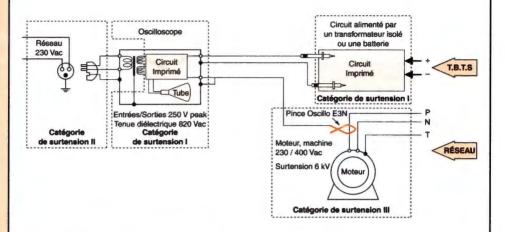
- tension assignée : 50 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),
- catégorie de surtension I.

#### - Exemple d'application :



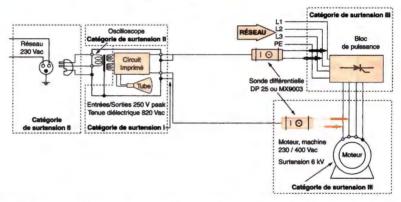
#### OSCILLOSCOPE AVEC PINCE AMPÈREMÉTRIQUE.

#### OSCILLOSCOPE:



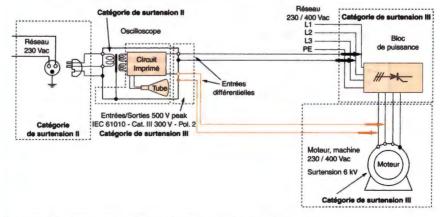
Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées masses communes).

#### OSCILLOSCOPE AVEC SONDES DIFFÉRENTIELLES :



Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées masses communes).

#### OSCILLOSCOPE AVEC ENTRÉES DIFFÉRENTIELLES :



Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées différentielles).

#### DISTANCES DANS L'AIR ET LIGNE DE FUITE.

#### - La distance dans l'air :

C'est la distance la plus courte **D** entre deux parties conductrices pour assurer un bon isolement à l'utilisateur.



#### - La ligne de fuite :

C'est la distance la plus courte L<sub>1</sub> mesurée le long de la surface d'un isolant.



La longueur de la ligne de fuite est égale à :  $L_i = a + b + c + d$ 

#### APPAREILLAGES EXISTANTS.

Il n'y a pas ou peu de possibilités de les rendre conformes aux directives européennes en vigueur (CEM, IEC 61010...) :

- non-respect des lignes de fuite et/ou distances dans l'air (entre les pistes sur le circuit imprimé, au niveau des commutateurs, IRC des boîtiers non conforme...);
- possibilité d'accès manuels aux éléments internes véhiculant des tensions dangereuses :
- par la trappe à pile (« moins » de piles ⇒ commun général),
- par la possibilité d'un démontage manuel des capots de protection...

#### Règle importante à retenir

Aucune partie conductrice, véhiculant des tensions dangereuses, ne doit être accessible à l'utilisateur sans l'aide d'un outil.

Mise en sécurité des appareils correspondant aux prescriptions de sécurité du droit du travail :

- s'assurer que les appareils sont déjà conformes aux normes en vigueur avant janvier 1997 (ICE 348, ICE 414 ou ICE 1010...);
- utiliser des bornes et des cordons de sécurité, bloquer les trappes à piles, les capots, les boîtiers...;
- s'assurer que les appareils sont équipés de fusibles HPC;
- mettre, si nécessaire, des parasurtenseurs au niveau des entrées pour limiter les surtensions transitoires (protégés par fusibles si nécessaire).

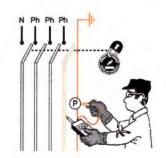
#### Conseils utiles

Contacter un organisme de SAV spécialisé qui se chargera des modifications dans les règles de l'art.

#### **VÉRIFICATION D'ABSENCE DE TENSION (VAT):**

L'exécution de travaux hors tension, sur machines, armoires ou moteurs, implique le respect des conditions suivantes :

- nécessité d'arrêter l'alimentation des matériels et équipements;
- séparation de l'installation ou de la partie d'installation concernée de toute source d'énergie;
- condamnation en position d'ouverture de tous dispositifs de coupure assurant la séparation des sources d'énergie;
- VAT par un dispositif normalisé sûr et fiable ;
- mise en court-circuit et mise à la terre des ouvrages. Les normes
   NF C 18-310 et IEC 61243-3 s'appliquent à la VAT qui doit être effectuée à l'aide d'un appareil normalisé prévu à cet effet.
- P : point de référence à potentiel fixé (terre). Ce point est le plus souvent une masse reliée à la terre ; il peut être le conducteur PE.



Exemple de VAT sur un réseau BT.

**SPÉCIFICATIONS** 

**TECHNIQUES** 

## 26. NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES

## 26.1. DÉCRETS, CIRCULAIRES, ARRÊTÉS, BROCHURES, RELATIFS À LA SÉCURITÉ

#### LES RISQUES ET LES RECOMMANDATIONS

(D'après L'INRS)

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
LE COMITÉ D'HYGIÈNE, DE SÉCURITÉ ET DES CONDITIONS DE TRAVAIL (C.H.S.C.T.)	Tableau comparatif des anciennes et des nouvelles dispositions légales. Le CHSCT; Le CHSCT, on en parle; Le CHSCT, se former pour une action.	ED 1163 ED 675 ED 379 ED 731	32 4 8
LES POSTURES ET LES MANUTENTIONS MANUELLES	- Bien se tenir, c'est important Bien soulever une charge Les règles à respecter pour soulever une charge. Moins de fatigue, moins d'accidents; Les lombalgies; Les bons gestes ça s'apprend.	ED 229 ED 464 ED 719	14 12 12
LES OUTILS À MAIN	- Causes des accidents les plus fréquents Attitudes préventives et consignes. La main, l'outil et le métier; La sécurité dans l'emploi des outils et appareils légers de manutention.	ED 610 ED 518	12 108
L'AMBIANCE	<ul> <li>État d'esprit.</li> <li>Bâtiments.</li> <li>Surfaces de circulation.</li> <li>Postes de travail.</li> <li>Ordre.</li> <li>Éclairage.</li> <li>Bruit.</li> <li>Atmosphère.</li> <li>La circulation dans l'entreprise.</li> <li>Les installations d'éclairage et de sécurité.</li> <li>Assainissement et aération des ambiances de travail.</li> <li>Dossier bruit.</li> </ul>	ED 715 ED 639-704 ED 720 ED 696-707	36 62-24 48 6-4
LES RISQUES ÉLECTRIQUES	<ul> <li>Comment peut-on s'électrocuter ?</li> <li>Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>Attitude préventive.</li> <li>Avant le travail.</li> <li>Pendant le travail.</li> <li>Prévention des risques électriques traditionnelle relatifs à la sécurité.</li> <li>Prévention des risques électriques.</li> <li>Schémas électriques des machines industrielles de sécurité.</li> <li>L'électricité, comment s'en protéger ?</li> <li>L'électricité, qu'est-ce que l'électricité ? Origine du risque électrique, prévention des accidents dus à l'utilisation de l'énergie électrique.</li> <li>L'électricité statique.</li> <li>Les installations d'éclairage de sécurité dans les établissements assujettis au Code du travail.</li> <li>Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.</li> </ul>	ED 537 ED 336 ED 581 ED 548 ED 596 ED 507 ED 639 ED 723	96 3 56 56 56 96 84 62

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
LE SOUDAGE AU GAZ	- Les risques et leurs conséquences: - flamme, chaleur, rayonnement de la flamme ou de la pièce, - projection de particules, - inhalation ou ingestion de gaz ou fumées incommodes, insalubres et toxiques, - chute des pièces, des bouteilles ou de l'opérateur Cause des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Soudage au chalumeau. Fiches pratiques de sécurité, chalumeaux oxy-gaz manuels.	ED 364 ED 009	30 4
LE SOUDAGE À L'ARC	- Les risques et leurs conséquences : - arcs, rayonnement et chaleur de l'arc ou des pièces à souder, - courant électrique, - projection de particules, - chute des pièces ou de l'opérateur, - inhalation ou ingestion de gaz ou de fumées incommodes, insalubres ou toxiques Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Soudage à l'arc. Soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées.	ED 360 ED 569	64 28
LES PERCEUSES	- Les risques et leurs conséquences : - enroulement de vêtements ou de cheveux, - projection de copeaux Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. La perceuse.	ED 471	24
LES MACHINES À MEULER FIXES	- Les risques et leurs conséquences : - éclatement de la meule, - coincement de la pièce, - contact des mains ou des bras avec la meule, - projection des particules, - inhalation de poussières Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Les meules. Fiche technique de sécurité - Meules.	ED 463 ED 557	16 12
LES TOURS	- Les risques et leurs conséquences : - enroulements des vêtements, des cheveux, fractures, - éjection de la pièce, du porte-pièce, de la clé, - présence de copeaux coupants, - projection de copeaux Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Le tour. Fiche technique de sécurité - Tours, machines à tourner.	ED 481 ED 568	44 24
LES FRAISEUSES	- Les risques et leurs conséquences : - enroulement des vêtements, des cheveux, fractures, - projection de copeaux, - projection de fragments d'outil, - translation de la table Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Fiche technique de sécurité - Fraiseuse, machines à fraiser.	ED 584	20

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
LE TRAVAIL DES MÉTAUX EN FEUILLES	- Les risques et leurs conséquences : - les risques qui dépendent des machines, - les risques liés au produit Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Fiche technique de sécurité - Presses plieuses. Répertoire des fournisseurs - Protection individuelle :  // : membres supérieurs. // : membres inférieurs	ED 714 ED 275 ED 529	14 24 12
LES SCIES À RUBAN	- Les risques et leurs conséquences : - défilement à grande vitesse d'une lame coupante, - contact avec la denture de cette lame, - rupture de la lame, projection Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Fiche technique de sécurité - Scie à ruban à table. Dispositif de protection pour scie à ruban à table.	ED 708 ED 014	16 4
LES SCIES CIRCULAIRES	- Les risques et leurs conséquences : - rotation à grande vitesse d'un outil coupant, - contact des mains avec l'outil, - rejet du bois - heurts violents. Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive. Scie circulaire à table et à format.	ED 701	16
. 4.4	- Les risques et leurs conséquences : - incendies ou explosions, - altération rapide ou lente de la santé Causes des accidents les plus fréquents Attitude préventive Les maladies professionnelles Étiquetage réglementaire (communauté européenne).		
	seule ou dans certains mélanges elle peut entrer en réaction explosive sous les tissues les tissues de la company	pelle corrosives l uvent endomma us vivants (peau quer d'autres ma calis.	ger gravement et muqueuses)
LES RISQUES CHIMIQUES	inflammable si elle peut, à température ambiante, s'enflammer au contact de l'air, au contact d'une source d'inflammable flammation (étincelle, flamme).  irritant ou rép entraîn tée loi	oduit irritant ei îner une lésion iqueuses par co été. Il est dit er des lésions o squ'il pénètre par la peau, pa estion.	de la peau ou intact prolongé nocif s'il peut de gravité limi- dans l'orga-
	est dite comburante si elle entretient la combustion d'une substance graves	ites toxiques le uvent entraîne aigus ou chron rsqu'elles sont vivant.	r des risques iques, voire la
	Sécurité dans les manipulations scientifiques. Fiches toxicologiques INRS consacrées aux principaux produits chimiques dangereux.	ED 600	10
	Les mains et les produits chimiques. Les maladies professionnelles.	ED 609 ED 486	10 52

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
PROTECTION INDIVIDUELLE	Vêtement de protection – Le corps. Protecteur d'oreille. Masque (appareils de protection respiratoire). Lunettes. Gants (protection des mains et des membres supérieurs). Gants, résistance aux solvants industriels. Chaussures de sécurité (protection des membres inférieurs). (répertoire des fournisseurs).	ED 319 ED 501 ED 005 ED 279 ED 275 ED 573 ED 344 ED 529	16 28 4 24 24 24 8 32 12
APPAREILS DE LEVAGE	Sécurité, engins de chantiers – Grues mobiles. Ponts roulants – Portiques. Grues hydrauliques. Ponts roulants.	ED 516 ED 561 ED 676 ED 716	88 144 80 84
CHAUFFAGE	Éléments chauffants intégrés à la construction.	ED 002	4
COULEURS DE SÉCURITÉ	Signalisation de sécurité sur les lieux de travail.	ED 704	24
CIRCUIT DE COMMANDE	Les relais et contacteurs auxiliaires à contacts liés. Interrupteurs de position à ouverture forcée. Blocs logiques pour commandes bimanuelles électriques.	ED 013 ED 015 ED 017	4 4 4
CIRCUIT HYDRAULIQUE	Fluides hydrauliques sous pression. Risques généraux.	ED 018	4
AIR COMPRIMÉ	Efficacité acoustique et pneumatique des silencieux d'échappement d'air comprimé.	ED 504	12
SECOURISME	Que faire pour le sauver ? Stages de formation et de perfectionnement d'animateurs de sécu- rité en gestes et postures de travail.	ED 722 ED 400	5 32
CAISSE NATIONALE DE L'ASSURANCE MALADIE (CNAM)	Liste des dispositions générales étendues et des recommandations de la CNAM.	ED 505	
LES ÉCHELLES PORTABLES	- Causes d'accidents et recommandations Choix de l'échelle Transport des échelles Mise en place des échelles. Conseils aux utilisateurs d'échelles portables.	ED 552	55
LES ÉCHAFAUDAGES DE SERVICE	Risques communs à tous les échafaudages. Risques des échafaudages de pieds. Risques des échafaudages roulants. Risques des échafaudages volants. Risques spécifiques aux plates-formes. Choix de l'échafaudage approprié. Conseils aux utilisateurs d'échafaudages de service.	ED 673	71
L'INCENDIE ET SA PRÉVENTION	Prévention et lutte contre le feu. Les extincteurs mobiles. Ça brûle. Eléments pour la rédaction des consignes pour le cas d'incendie dans un établissement.	ED 310 ED 380 ED 410	96 56 4
	Douches antifeu.	ED 508	8

#### LES EXTINCTEURS MOBILES.

#### Répartition et emplacement des extincteurs :

- Pour les établissements industriels : 1 extincteur par étage.
- Dans les établissements recevant du public :
- 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> catégories: dans les nouvelles dispositions particulières, la capacité (6 litres minimum) et le nombre (un appareil par zone de 150 à 200 m²) dépendent du type d'établissement.
- − 5º catégorie : les extincteurs pour fover type A21 doivent être répartis à raison d'un appareil par 300 m² de surface.
- dans l'ensemble des catégories, il y a au moins un extincteur par niveau.
- les locaux comportant des risques particuliers tels que chaufferies, cuisines et dépôts de matériel doivent être équipés d'extincteurs appropriés.

#### Définition des classes de feux :

- Classe A : Feux de matériaux solides (cellulose, bois, tissus, papiers, etc.) dont la combustion se fait généralement avec formation de braises. Ces feux sont aussi dits « Feux secs ».
- Classe B: Feux de liquides et de solides liquéfiables: produits pétroliers, alcools, solvants organiques, huiles, graisses.
   Ces feux sont aussi dits « Feux gras ».
- Classe C : Feux de gaz : méthane, butane, propane, gaz de ville, etc.
- Classe D : Feux de métaux : sodium, magnésium, aluminium, uranium, etc.

#### Adaptation des extincteurs aux classes de feu :

Annavalla avtinatavra		F	eux de	classe	Emploi sur courant électriqu		
Appareils extincteurs	A	В	C (1)	D	TBT - BT (< à 430 V) (2)		
Extincteurs à eau en jet plein (3)	В	М	М	N'utiliser sur ces	dangereux		
Extincteurs à eau en jet pulvérisé (3)	В	B (4)	М	feux que des extincteurs à	sans danger		
Extincteurs à mousse ou à liquide dit ignifuge	L	B (5)	М	liquides ou à	dangereux		
Extincteurs à poudre « B.C. »	М	В	В	poudres spéciaux (à base de gra-	sans danger		
Extincteurs à poudre polyvalente (ou universelle)	В	В	В	phite, carbonate, de sodium, chlo-	sans danger		
Extincteurs à dioxyde de carbone (6)	М	В	В	rure de sodium, etc.)	sans danger		
Extincteurs à hydrocarbures halogénés	М	В	В	0.0.)	sans danger		

B : bonne efficacité ; L : efficacité limitée ; M : mauvaise efficacité.

- (1) On ne doit éteindre un feu de gaz que si l'on peut aussitôt en couper l'arrivée.
- (2) Ces matériels peuvent être utilisés sur des courants électriques de classe HT par des personnes expérimentées. Les extincteurs, qui ne doivent pas être employés sur du courant électrique, en portent la mention.
- (3) Le rendement extincteur à l'eau est amélioré par des additifs convenables (« mouillants », eau « légère », etc.).
- (4) Eau pulvérisée avec certains additifs, eau « légère » par exemple.
- (5) Les feux d'alcool, d'éther, de cétone, de solvants polaires doivent être attaqués au moyen de mousses spéciales « anti-alcool ».
- (6) Ou anhydride carbonique.

**Note**: D'autres moyens, tels que bacs à sable sec, employés pour éviter aux flaques de se répandre, ou seaux-pompes à jet plein ou pulvérisé ou couverture pour les feux de personnes, peuvent être mis à disposition.

#### Caractéristiques de fonctionnement des extincteurs :

Agent extincteur	Capacité	Durée minimale	Efficacité extinctrice minimale				
Agent extincted	des extincteurs	fonctionnement (s)	Foyer A (1)	Foyer B (1)			
Eau en jet plein	6 litres	9	13				
	9 litres	12	21				
Eau en jet pulvérisé avec additif	6 litres	9	13				
aa on jot partones ares adam	9 litres	12	21				
Mousse ou liquide ignifuge	6 litres	9	13				
modeo od iiqaloo igriiiago	9 litres	12	21				
Poudre	2 kg	6	5 (2)	21			
	6 kg	9	13 (2)	55			
	9 kg	12	21 (2)	89			
	12 kg	15	34 (2)	144			
Anhydride carbonique	2 kg	6		13			
ranny and o datoom quo	5 kg	9		34			
Hydrocarbures halogénés	1 kg	6		8			
, a	2 kg	6		13			
	4 kg	9		21			
	6 kg	9		34			

#### 26.2. NORMES D'ÉLECTRICITÉ NFC

#### UTE C-00 GÉNÉRALITÉ

- NFC 01 Vocabulaire électrotechnique Unités de mesure
  - 02 Normes et textes généraux
  - 03 Schémas Symboles
  - 04 Repérage Étiquetage.

#### **INSTALLATION ÉLECTRIQUES**

- NFC 10 Installations électriques Généralités
  - 11 Réseaux
  - 12 Installations réglementées
  - 13 Installations à haute tension
  - 14 Branchements
  - 15 Installations à basse tension et équipements correspondants.

#### NFC 15-100 – INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION – RÈGLES

(Voir recueil spécial UTE)

- 17 Autres installations (paratonnerre, éclairage public, etc.)
- 18 Mesures de protection et de prévention

## CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES

- NFC 20 Construction électrique
  - 23 Matériel électrique pour atmosphères explosives
  - 26 Isolants Généralités Isolants solides Vernis
  - 27 Fluides pour applications électrotechniques
  - 28 Matériaux magnétiques.

#### **CONDUCTEURS NUS ET ISOLÉS**

- NFC 30 Conducteurs nus et isolés
  - 31 Conducteurs et fils entrant dans la construction électrique
  - 32 Conducteurs et câbles isolés pour installations et équipements.

#### **MESURES -- COMMANDE -- RÉGULATION**

- NFC 42 Appareils et transformateurs de mesure
  - 44 Compteurs d'énergie électrique
  - 45 Relais électriques
  - 46 Mesure et commande dans les processus industriels
  - 47 Dispositifs automatiques pour applications domestiques
  - 48 Système d'alarme.

#### MATÉRIELS PRODUISANT OU TRANSFORMANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

- NFC 51 Machines électriques tournantes
  - 52 Transformateurs
  - 53 Électronique de puissance
  - 54 Condensateurs de puissance
  - 57 Transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique
  - 58 Accumulateurs
  - 59 Piles électriques.

#### APPAREILLAGE - MATÉRIEL D'INSTALLATION

- NFC 60 Appareillage Généralités
  - 61 Appareillage pour installations domestiques et analogues
  - 62 Matériel de branchement
  - 63 Appareillage industriel à basse tension
  - 64 Appareillage à haute tension
  - 65 Matériel de protection et accessoires de réseaux
  - 66 Isolateurs et matériel pour lignes aériennes
  - 67 Supports pour lignes aériennes
  - 68 Matériel de pose des canalisations. Conduits, moulures, accessoires pour canalisations isolées.

#### MATÉRIEL UTILISANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

- NFC 70 Matériel utilisant l'énergie électrique Généralités
  - 71 Appareils d'éclairage électrique et accessoires
  - 72 Sources d'éclairage électrique
  - 73 Appareils électrodomestiques et analogues et leurs accessoires :
    - appareils électrodomestiques autres que les réfrigérateurs
    - accessoires pour appareils électrodomestiques
    - réfrigérateurs
    - appareils aérauliques
    - règles de sécurité
    - appareils de distribution
  - 74 Outils électriques
  - 76 Traction électrique Véhicules électriques autonomes
  - 77 Traitement de l'information Machines de bureau
  - 78 Matériel électrique agricole.

#### COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ENTRANT DANS UN SYSTÈME INTERNATIONAL D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

- NFC 80 Généralités
  - 81 Condensateurs fixes
  - 83 Composants électroniques passifs
  - 85 Tubes électroniques et accessoires
  - 86 Micro-électronique Semiconducteurs discrets
  - 97 Électro-acoustique et audiovisuel
  - 98 Matériels téléphoniques et télématiques.

#### **DESSIN TECHNIQUE NFE 04**

- NFE 04-056 Transmissions hydrauliques et pneumatiques Représentation symbolique fonctionnelle des appareils et des accessoires.
  - 04-057 Transmissions hydrauliques et pneumatiques - Guide pour l'exécution des schémas des circuits.

### 26.3. ORGANISMES AGRÉÉS

#### LE CONSUEL: 2, place de la Défense, 92053 PARIS LA DÉFENSE CEDEX

- Tout distributeur d'énergie électrique est tenu d'exiger, avant de mettre sous tension l'installation électrique intérieure d'une construction nouvelle, la remise d'une attestation de conformité aux règlements et aux normes de sécurité.
- L'attestation doit être établie par écrit et sous sa responsabilité par l'installateur, auteur des travaux. En cas de pluralité d'installateurs, chacun établit l'attestation pour la partie de l'installation qu'il a réalisée.
- L'installateur doit faire parvenir l'attestation au Consuel 20 jours au moins avant la date prévue de mise sous tension définitive de l'installation par le distributeur d'énergie électrique.
- Le Consuel doit dans un délai maximal de 15 jours à dater de la réception de l'attestation :
  - soit apposer son visa sur l'attestation et la renvoyer à l'installateur,
  - soit signaler à ce dernier les non-conformités décelées au cours d'un contrôle. Dans ce cas, il appartient à l'installateur, après avoir procédé à la mise en conformité de l'installation, de le déclarer au Consuel par écrit. Le visa du Consuel ne peut être apposé qu'après mise en conformité de l'ensemble des installations électriques concernées.
- En cas de pluralité d'installateurs, le visa est apposé simultanément sur toutes les attestations.
- L'installation de chaque appartement d'un immeuble ou de chaque maison individuelle doit faire l'objet d'une attestation de conformité. Si le logement comporte un chauffage électrique et si celui-ci est réalisé par le même installateur, une seule attestation par logement doit être établie.
- Les installations électriques des services généraux doivent faire l'objet d'attestations de conformité établies par les installateurs, auteurs des travaux. Chaque installateur doit établir et signer une attestation de conformité par comptage pour l'installation électrique qu'il a réalisée.
- Les attestations de conformité des installations électriques des logements et des services généraux doivent être établies sur des formulaires délivrés par le Consuel.

PROMOTÉLEC: Espace Elec - CNIT - 2, place de la Défense - BP 9 - 92053 PARIS LA DÉFENSE



 Association pour la promotion de la qualité des installations électriques, sans but lucratif, régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901.

- Elle regroupe : les organisations professionnelles d'installateurs électriciens,
  - les organisations professionnelles de la construction électrique,
  - Électricité de France.

PROMOTÉLEC met à la disposition des installateurs électriciens et des élèves de l'enseignement technique :

- Une revue d'information traitant des problèmes liés aux installations électriques.

#### - Des documents gratuits :

- Schéma de principe d'une installation électrique ;
- Comment reconnaître l'équipement électrique NF;
- Caractéristiques techniques des matériels d'installation électrique;
- Comment concevoir une installation électrique ;
- L'électricité chez vous en toute sécurité ;
- Autocollant « Je suis les conseils PROMOTÉLEC ».

#### - Des feuillets d'information ;

- A Appareils électriques dans la salle d'eau.
- C La liaison équipotentielle dans la salle d'eau.
- E Canalisations électriques enterrées.
- F Moulures, plinthes et goulottes dans les locaux d'habitation.
- H Mise à la terre.
- J Prise de terre dans les immeubles anciens.

- B L'équipement électrique de la salle d'eau.
- D Installations électriques dans les chaufferies, sousstations et leurs locaux annexes.
- G Installation électrique triphasée dans les locaux d'habitation.
- I Prises de terre.
- K Liaison équipotentielle principale d'un bâtiment.

#### - Des mémentos :

- Locaux d'habitation.
- Locaux recevant des travailleurs.
- Piscines et bâtiments sportifs.
- Installations électriques de chauffage.
- Enseignes lumineuses.
- Exploitations agricoles.
- Locaux artisanaux et commerciaux.
- Équipements frigorifiques thermodynamiques.
- Étude thermique et isolation.
- Automates programmables.
- Établissements recevant du public.
- Boulangeries et pâtisseries.
- Disjoncteurs de branchement et protection différentielle.

#### - Des affiches :

- Schéma de principe d'une installation électrique.
- Principaux conducteurs et câbles et leurs utilisations.
- Moulures, plinthes et conduits électriques.
- Sécurité dans la salle d'eau.
- La prise de terre.
- Des plaquettes, des bristois, des autocollants.

#### INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS): 30, rue Olivier-Nover, 75680 PARIS CEDEX 14

- Organisme qui dépend du ministère des Affaires Sociales et de l'Emploi, direction des Relations du travail.
- Il traite de la protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.
- Il établit : les textes réglementaires,
  - les décrets et les circulaires d'application.

# SYMBOLES DES GRANDEURS ET DES UNITÉS DE MESURE MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES NFX 02-006

								NULI	IPLES E	T SOUS-I	NU	LIIP	LE	5 NF	X 02	-006						
			fac	teur					préfixe	symbole					fa	cteur				pr	éfixe	symbole
10 <sup>18</sup>	ou	1	000	000	000	000	000	000	еха	E	1	0- 1	ou	0,1						d	léci	d
10 <sup>15</sup>	ou		1	000	000	000	000	000	peta	P	1	0- 2	оц	0,01						0	enti	С
10 <sup>12</sup>	ou			1	000	000	000	000	téra	Т	1	0-3	ou	0,001						n	nilli	m
10 <sup>9</sup>	ou				1	000	000	000	giga	G	1	0- 6	ou	0,000	001					m	icro	μ
10 6	ou					1	000	000	méga	М	1	0- 8	ou	0,000	000	001				n	ano	n
10 <sup>3</sup>	ou						1	000	kilo	k	1	0-12	ou	0,000	000	000	001			p	ico	р
10 <sup>2</sup>	ou							100	hecto	h	1	0-15	ou	0,000	000	000	000	001		fe	mto	f
10 <sup>1</sup>	ou							10	déca	da	1	0-18	ou	0,000	000	000	000	000	001	a	itto	a
Exem	<i>ple :</i> 1	$\mu \Omega =$	10-6	Ω =	0,000	001	Ω				1	mg :	= 10	-3 g = 0	0,001	g						

#### ABREVIATIONS ET SYMBOLES COURANTS NFX 02-100

majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom
Α	α	alpha	Σ	σ	sigma	I	ι	iota	Ф	φ	phi
В	β	bêta	T	τ	tau	Λ	λ	lambda		π	pi = 3,1416
K	χ	kappa	Υ	υ	upsilon	M	μ	mu		sin	sinus
Δ	δ	delta	H	η	eta	N	ν	nu		cos	cosinus
Е	$\epsilon$	epsilon	θ	θ	thêta	0	0	omicron		tan	tangente
Φ	φ	phi	Ψ	ψ	psi	П	ω	pi		cot	cotangente
Γ	γ	gamma	Ω	ω	oméga	P	Q	rhô			

#### SIGNES ET SYMBOLES MATHEMATIQUES NFX 02-211

signe	utilisation	sens - énoncé	signe	utilisation	sens - énoncé
=	a = b	a est égal à b	×	a×b	a multiplié par b
pd.	a≠b	a est différent de b		a.b	a multiplié par b
=	a ≙ b	a correspond à b	1	a/b	a divisé par b
~	a ≃ b	a est approximativement égal à b	-	a b	a divisé par b
<	a < b	a est strictement inférieur à b	Σ	∑E Ĥa <sub>i</sub>	sommes de toutes les f.é.m.
>	a > b	a est strictement supérieur à b	П	Πa <sub>i</sub>	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>n</sub>
<b>s</b>	a≤b	a est inférieur ou égal à b	11	i = 1	
≥	a≥b	a est supérieur ou égal à b		an	a puissance n
≪	a≪b	a est très inférieur à b	II _	√a	racine carrée de a
≥	a≫b	a est très supérieur à b		√a	racine n ième de a
00		infini	11	a	valeur absolue de a
+	a + b	a plus b	!	n!	factorielle n
-	a – b	a moins b			
sym	bole		sym	bole	
1		fonction ou application	e = 2,7	182818	base des logarithmes népériens
f (	x)	valeur de la fonction f respectivement en x	e <sup>x</sup> , e	xp (x)	exponentielle (de base e) de x
[f(x)]b o	u f(x)  b	f (b) - f (a)	log	la X	logarithme de base a de x
	f (x)	limite de f (x) quand x tend vers a	Ir	X	logarithme népérien de x
x -	• a		lg lg	X	logarithme décimal de x
df/dx	, f', Df	dérivée de la fonction f d'une variable	11 -	u j	unité imaginaire
(b f (	x) dx	intégrale définie de la fonction f de a à b	1.1	Z	argument de Z, phase de Z
Ja .	Ŧ	valeur moyenne de f			,

## **GRANDEURS, UNITES LEGALES ET SYMBOLES**

#### GRANDEURS, UNITES LEGALES ET SYMBOLES ESPACE ET TEMPS NFX 02-201

angle plan $\alpha, \beta, \gamma, \theta$	sans	radian rad. tour. tr	angle compris entre deux rayons qui interceptent sur un cercle, un arc de longueur égale à celle du rayon. 1 tr = $2 \pi$ rad	angle solide $\Omega\left(\omega\right)$	sans	stéradian sr	angle qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère.
		degré. ° minute d'angle seconde d'angle	$1^{\circ} = \frac{\pi}{180} \text{ rad.}$ $1' = \frac{1^{\circ}}{60} = \frac{\pi}{10,800}$ $1'' = \frac{1^{\circ}}{3,600} = \frac{\pi}{648,000}$	long: L, I larg: b haut: h ép.: d, δ diam: d	L	mètre m	longueur égale à 1650 763, 73 longueur d'onde dont le vide de la radiation correspondant à la transi- tion entre les niveaux 2p <sub>10</sub> et 5d <sub>5</sub> de l'atome de krypton 86.

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
	unnension		иеницин	ayiiibule	-	IIOIII	овинион
aire superficie A (S)	L <sup>2</sup>	mètre carré m <sup>2</sup>	aire d'un carré de 1 m de côté	accélération angulaire α	$\frac{T^{-2}}{d \omega}$	radian par sec. carrée rad/s <sup>2</sup>	
volume V	L3	mètre cube m <sup>3</sup>	volume d'un cube de 1 m de côté	vitesse	LT <sup>-1</sup>	mètre par	
temps, intervalle de temps durée : t	Т	seconde s minute : min heure : h jour : d	durée de 9 192 631 770 périodes de la radia- tion correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133	U, V, W, C	<u>d s</u> d t	seconde m/s mètre par	
vitesse angulaire ω	T <sup>-1</sup> d φ d t	radian par seconde rad/s		a g	d <i>v</i> d <i>t</i>	seconde carrée m/s <sup>2</sup>	g <sub>n</sub> = 9,80665 m/s <sup>2</sup>
GR	ANDEUR	S, UNITÉ	S LÉGALES ET SYMBOLES. PHE	NOMÈNE	S PÉRIC	DIQUES	ET CONNEXES NFX 02-202
symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
période 7 constante de temps	T	seconde s seconde	voir ci-dessus	déphasage différence de phase φ		radian rad	dans les fonctions : $a = a_{\rm m} \sin \omega t$ $b = b_{\rm m} \sin (\omega t - \varphi)$ $\varphi$ est le déphasage de b par rapport à a
τ, (T) fréquence f, V	T-1 1 7	s hertz Hz	fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde	longueur d'onde $\lambda$	L	mètre m	
fréquence de rotation n	T-1	seconde à la puissan- ce moins un s <sup>-1</sup>		niveau de puissance L p		décibel dB	1 dB = 10 ig $\frac{P}{P_0}$ avec $\frac{P}{P_0}$ = 10 <sup>1/10</sup>
pulsation ω	T-1 2 π f	radian par seconde rad/s		coefficient d'amortis δ	T <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup>	$\tau = \frac{1}{\delta}$ = constante de temps de l'amplitud
		GRA	ANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET	SYMBOLI	ES MÉCA	NIQUE N	IFX 02-203
symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
masse m	М	kilogramme	tonne t = 10 <sup>3</sup> kg carat métrique = 2 × 10 <sup>-4</sup> kg	Force F	LMT-2	newton N	1 N = 1 m.kg.s <sup>-2</sup>
		kg					
masse volumique P	L <sup>-3</sup> M	kilogramme par mètre cube :	1 t/m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup>	Constante de grav. <sup>tion</sup> G (f)	L <sup>3</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	newton mètre carré par kilog carré	N.m²/kg²
volumique	L <sup>-3</sup> M	kilogramme par mètre	1 t/m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	de grav. <sup>tion</sup>	L <sup>3</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	mètre carré par	ATTENTION: mN = millinewton
volumique  \( \rho \)  densit\( \text{d} \)  volume  massique  \( V \)	L <sup>-3</sup> M	kilogramme par mètre cube : kg/m³ mètre cub. par kilog. m³/kg	1 t/m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup> masse volumique	de grav. <sup>tion</sup> <i>G (f)</i> moment d'une force		mètre carré par kilog carré newton mètre N . m pascal Pa bar	ATTENTION :
volumique  P  densité  d  volume massique		kilogramme par mètre cube : kg/m³ mètre cub. par kilog. m³/kg kilogramme par mètre kg/m	1 t/m³ = 10³ kg/m³ = 1 g/cm³  masse volumique masse volumique de référence volume	de grav.tion G (f) moment d'une force M, T	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup>	mètre carré par kilog carré newton mètre N . m pascal Pa bar	ATTENTION: mN = millinewton  1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-1</sup> .kg,s <sup>-2</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa
volumique  P  densité  d  volume massique  V  masse linéique  P    masse surfacique	L <sup>3</sup> M <sup>-1</sup>	kilogramme par mètre cube : kg/m³  mètre cub. par kilog. m³/kg kilogramètre kg/m kilog. par mètre curé carré	1 t/m³ = 10³ kg/m³ = 1 g/cm³  masse volumique masse volumique de référence  volume masse masse	de grav.tion G (f) moment d'une force M, T pression p	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup>	mètre carré par kilog carré newton mètre N . m  pascal Pa bar joule J wattheure	ATTENTION: mN = millinewton  1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-1</sup> .kg.s <sup>-2</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa 1 Pa = 0,102 mm d'eau  1 J = 1 m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup> = 1 N.m = 1 W.s
volumique $\rho$ densité $d$ volume massique $V$ masse linéique $\rho$    masse surfacique $\rho_A(\rho_S)$ quantité de mouv. ent	L <sup>3</sup> M <sup>-1</sup>	kilogramme par mètre cub. par kilog. m³/kg kilogramme par mètre kg/m kilog. par mètre kg/m² kilog. par mètre carré kg/m² kilog. mětre par seconde	1 t/m³ = 10³ kg/m³ = 1 g/cm³  masse volumique masse volumique de référence  volume masse  masse longueur  masse	de grav.tion G (f) moment d'une force M, T  pression p  travail W, (A) énergie E, (W)  puissance	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup>	mètre carré par kilog carré par kilog carré newton mètre N . m pascal Pa bar joule J wattheure Wh électronvoit eV watt W	ATTENTION:  mN = millinewton  1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-1</sup> .kg.s <sup>-2</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa  1 Pa = 0,102 mm d'eau  1 J = 1 m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup> = 1 N.m = 1 W.s  1 Wh = 3,6.10 <sup>3</sup> J
volumique $\rho$ densité $d$ volume massique $V$ masse linéique $\rho$ I  masse surfacique $\rho_A(\rho_S)$	L <sup>3</sup> M <sup>-1</sup> L <sup>-1</sup> M L <sup>-2</sup> M	kilogramme par mètre cube : kg/m³  mètre cub. par kilog. m³/kg kilogramme par mètre kg/m kilog. par mètre carré kg/m² kilog. må/m²	1 t/m³ = 10³ kg/m³ = 1 g/cm³  masse volumique masse volumique de référence  volume masse  masse longueur  masse aire	de grav.tion G (f) moment d'une force M, T pression p travail W, (A) énergie E, (W) puissance	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> L <sup>-1</sup> MT <sup>-2</sup>	mètre carré par kilog carré newton mètre N. m pascal Pa bar joule J wattheure Wh	ATTENTION:  mN = millinewton  1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-1</sup> .kg.s <sup>-2</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa  1 Pa = 0,102 mm d'eau  1 J = 1 m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup> = 1 N.m = 1 W.s  1 Wh = 3,6.10 <sup>3</sup> J  1 eV = 1,602 1892.10 <sup>-10</sup> J  1 W = 1 J/s

	T		NDEURS, UNITÉS LÉGALES ET				
symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
températ. thermodyn. températ. absolue T	θ	kelvin K	1 K = 1/273,16 de la température thermo- dynamique du point triple de l'eau	coef. de rayonnem. thermique h <sub>r</sub>			indique la contribution du rayonnement dans l'échange thermique
températ. Celsius. t, θ	θ	degré Celsius °C	t = T - T <sub>0</sub> T <sub>0</sub> = 273,15 K	coef. d'isolation thermique M	M⁻¹T³θ	mètre carré kelvin par watt m².K/W	1 m <sup>2</sup> K/W = 1 kg <sup>-1</sup> . s <sup>3</sup> . K
quantité de chaleur Q	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup>	joule J	1 J = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup>	résistance thermique	L-2M-1T30	kelvin par watt K/W	1 K/W = 1 m <sup>-2</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>3</sup> . K
flux ther.	L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup>	watt W	1 W = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup>	diffusité thermique a	L <sup>2</sup> T-1	mètre carré par seconde	1 m²/s = 1 m² . s <sup>-1</sup> $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}$ $\rho : \text{masse volumique}$ $C_p : \text{capacité thermique}$ $\text{massique à pression}$
densité de flux therm. q, φ	MT-3	watt par mètre carré W/m²	1 W/m <sup>2</sup> = 1 kg . s <sup>-3</sup>	capacité thermique	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> θ <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> /s joule par kelvin	constante $C = \frac{d}{d} \frac{Q}{T}$
coef. de transmis- sion ther. glob K		watt par mètre carré kelvin W/m².K	1 W/m <sup>2</sup> . K = 1 kg . s <sup>-3</sup> . K <sup>-1</sup> $\varphi$ = K ( $T_{12}$ – $T_{r1}$ ) $T_{r2}$ et $T_{r1}$ = températures de référence	C Energie	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup>	J/K joule J	1 J/K = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup> . K <sup>-1</sup> 1 J = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup>
coef. de transmis- sion ther. surf. h	MT <sup>-3</sup> 0 <sup>-1</sup>		$\varphi = h (T_s - T_t)$ $T_s$ : température de surface $T_r$ : température de référence	énergie int.  U enthalpie  H énergie			
coef. de convection thermique $h_{\rm c}$			indique la contribution de la convection dans l'échange thermique	libre F enthalpie libre: G			
	GRA	NDEURS,	UNITÉS LÉGALES ET SYMBOL	ES. ÉLEC	TRICITÉ I	ET MAGN	IÉTISME NFX 02-205
symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
courant électrique		ampère A	i = valeur instantanée	flux élect. flux de déplacem.	TI	coulomb C	1 C = 1 A.s
charge électrique Q	ΤI	coulomb C	1 C = 1 A . S 1 Ah = 3,6 kC <i>Q</i> : désigne aussi la quantité d'électricité	capacité C	L-2M-1T4 2	farad F	1 F = 1 c/v = 1 m <sup>-2</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>4</sup> . A <sup>2</sup>
charge volumique	L- <sup>3</sup> TI		1 C/m³ = 1 m <sup>-3</sup> . s . A	permittivité €	L-3M-1T4 2	farad par mètre F/m	1 F/m = 1 m <sup>-3</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>4</sup> . A <sup>2</sup>
ρ, (η)  charge surfacique	L <sup>-2</sup> Tl	cube C/m <sup>3</sup> coulomb par mètre	1 C/m <sup>2</sup> = 1 M <sup>-2</sup> . s . A	const. élec. permittivité du vide €0			$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot C_0^2} = \frac{10^7}{4 \pi C_0} \text{ F/m}$ = 8,854 187 82 × 10 <sup>-12</sup> F/m
champ électrique E, (K)	LMT-3 -1	volt par mètre V/m	1 V/m = 1 m . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-1</sup>	permittivité relative € <sub>r</sub>	sans		$\epsilon_{\rm f} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$
potentiel électrique V, (φ)		volt V	1 V = 1 W/A = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-1</sup>	susceptibil. relative $\chi, \chi_e$	sans		$\chi = \epsilon_{\rm r} - 1$
différence de potentiel tension U, (V)	L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup>  -1	volt V	u, v, valeur instantanée	polarisation électrique P	L <sup>-2</sup> TI	coulomb par mètre carré C/m²	1 C/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-2</sup> . s . A
f.e.m.		voit V		moment de dipôle élect. $\rho$ , $(\rho_e)$	LTI	coulomb mètre C . m	1 C. m = 1 m.s. A
induction électrique déplacem.	L-2TI	coulomb par mètre carré C/m²	1 C/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-2</sup> . s . A	densité du courant <i>J</i> , <i>(S)</i>	L <sup>-2</sup> I	ampère par mètre carré A/m	1 A/m <sup>2</sup> = 1 m <sup>-2</sup> . A

			, UNITÉS LÉGALES ET SYMB						
symbole	dimension		définition	symbole	dimension	nom	définition		
densité linéique du C <sup>t</sup>	L-1	ampère par mètre A/m	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A	dens. éner- gie électr.	L-1 MT-2	J/m <sup>3</sup>	1 J/m <sup>3</sup> = 1 m <sup>-1</sup> . kg . s <sup>-2</sup>		
Α, (α)		ampère		résistance en C <sup>t</sup> C <sup>u</sup> R	L2MT-3 -2	ohm Ω	1 $\Omega = 1 \text{ V/A}$ = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>		
champ magnétique H	L-1	par mètre A/m	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A	conduc- tance en C <sup>t</sup> C <sup>u</sup> G	$L^{-2}M^{-1}T^{3} ^{2}$ $G = \frac{1}{R}$	siemens S	1 S = 1 A/V = 1 m-2 . kg-1 . s3 . A2		
force ma- gnétomotr. F, F <sub>m</sub>		ampère A	$F = \oint H_s ds$	résistivité Q	L <sup>3</sup> MT <sup>-3</sup> l <sup>-2</sup> L <sup>-3</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> l <sup>2</sup>	ohm-mètre Ω . m	1 Ω . m = 1 m <sup>3</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>		
induction magnétique	MT <sup>-2</sup>  -1	tesla T	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup> = 1 V . s/m <sup>2</sup>	conductivité γ, σ	$\gamma = \frac{1}{Q}$	siemens par mètre S/m henry puis.	1 S/m = 1 m <sup>-3</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>3</sup> . A <sup>2</sup>		
В			= 1 kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-1</sup>	R, R <sub>m</sub>	L-2M-1T2 2	moins 1 H <sup>-1</sup>	$1 \text{ H}^{-1} = 1 \text{ m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{A}^2$		
flux magnétique <b>Φ</b>	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> [-1	weber Wb	1 Wb = 1 V.s = 1 m <sup>2</sup> . kg.s <sup>-2</sup> .A <sup>-1</sup>	perméance A, (P)	$L^{2}MT^{-2}I^{-2}$ $\Lambda = \frac{1}{R_{m}}$	henry H	1 H = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-2</sup>		
poten vect. magnétique A	LMT-2 -1	wéber par mètre Wb/m	1 Wb/m = 1 m . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-1</sup>	nb de spires	sans				
inductance propre		henry H	1 H = 1 Wb/A = 1 m <sup>2</sup> , kg, s <sup>-2</sup> , A <sup>-2</sup>	nb de phases m	sans				
L inductance			= 1 III Ng. 5 A -	nb de paires de pôles p	sans				
mutuelle M, L <sub>12</sub>	L2MT-2 -2	henry H		déphasage φ	sans	radian rad	lorsque $u = u_{\rm m} \cos \omega t$ et $i = i_{\rm m} \cos (\omega t - \varphi)$ , $\varphi$ est le déphasage		
perméabilité	LMT-2 -2	henry par mètre H/m	1 H/m = 1 Wb/(A . m) = 1 m . kg . S <sup>-2</sup> . A <sup>-2</sup>	impédance Z	L2MT-31-2	ohm Ω	1 $\Omega$ = 1 V/A = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>		
perméabilité du vide $\mu_0$	$\mu_0 = \frac{1}{\epsilon_0 \cdot C_0^2}$	H/m	$\mu_0 = 4 \pi 10^{-7} \text{ H/m}$	réactance X		Ω	$X = L \omega - \frac{1}{C\omega}$ (partie imaginaire de l'impédance		
perméabilité relative $\mu_{\rm r}$	sans		$\mu_f = \frac{\mu}{\mu_0}$	résistance R		Ω	partie réelle de l'impédance		
susceptibi magnéti. $\chi$	sans		$\chi = \mu_r - 1$	facteur de qualité Q	sans		$Q = \frac{ X }{R}$		
alimentation		ampère par	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A,	admittance		siemens S	$Y = \frac{1}{Z}$		
H, M	L-1	mètre A/m	$H_{i} = \frac{B}{\mu_{0}} - H$	puissance P, (P <sub>i</sub> )	L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup>	Watt W	1 W = 1 J/s = 1 m <sup>2</sup> . kg . S <sup>-3</sup>		
GRAND	EURS, UN	VITÉS LÉ	GALES ET SYMBOLES. RAYO	NNEMENTS E	LECTRO	MAGNÉT	IQUES ET OPTIQUE NFX 02-200		
symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition		
fréquence f, v	T-1	hertz Hz	1 Hz = 1 s <sup>-1</sup>	exposition lumineuse H	L-2TJ	lux-sec.	1 lx. h = 3 600 lx . s		
pulsation ω	T-1	radian par seconde rad/s	ω = 2 π f	efficacité	L <sup>-2</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> J	lumen par watt lm/W			
long. d'onde	L	mètre m		indice de réfraction n	sans				
int. lumin. /, (/ <sub>v</sub> )	J	candela cd	$I = \int I_{\lambda} d\lambda$	luminance énergé- tique radiance L <sub>1</sub> (L <sub>e</sub> )	MT <sup>-2</sup>	watt par stéradian- mètre carré W/sr . m <sup>2</sup>			
flux lumin. $\Phi$ , $(\Phi_{V})$	J	lumen Im	1 lm = 1 cd . sr	-1 (-0/					
quantité de lumière Q, (Q <sub>v</sub> )	TJ	lumen – seconde lm.s	1 lm . h = 3 600 lm . s		Note: Exemple de symbole :				
luminance L, (L <sub>v</sub> )	L <sup>-2</sup> J	candela/m² cd/m²			↓ préférentiel		symbole pouvant être utilisé		
éclairement lumineux <i>E</i> , ( <i>E</i> <sub>v</sub> )	L <sup>-2</sup> J	lux lx	1  x = 1  m/m <sup>2</sup> = 1 cd . sr/m <sup>2</sup>						

			ı
	_		
۱	ζ		2
		3	

							CARAC	TÉRISTIC	UES DE	S MATÉ	RIAUX	Total China		
FAMILLE	NOM USUEL	DÉSIGNATION	SYMBOLE CHIMIQUE	SYMBOLE ABRÉGÉ	MASSE VOLUMIQUE (kg/m³ × 10³)	MÉCA (daN R : r	STANCE ANIQUE Vmm²) recult. scroul	COEFF. DE DILATATION (m/°C × 10-8) de 0 à 100 °C	RÉSISTIVITÉ (à 20 °C) (Ωm × 10- <sup>8</sup> )	TEMPÉRATURE DE FUSION (°C)	COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE (de 0 à 100 °C × 10-3)	COMPOSITION (teneur moyenne des éléments en % sulvie de leur symbole chimi- que)	OBSERVATIONS	UTILISATION
Š.	Aluminium	1050A	Al	А	2,7	R:3 E:15	8 7	24	2,78 2.83	660	+ 4,3	99,5 AI	Résiste à la corrosion, parama-	Câbles, barres, cages de moteurs à
	Argent		Ag		10,5	2.13	R:14	20	1,59	960	+ 4,1		gnétique, se moule Lourd, bon conducteur, bonne	rotor en court-circuit, appareillage Contacts fusibles, en alliages
1	Béryllium		Be		1,85	13	26		4	1 315			résistance à la corrosion, onéreux Augmente R <sub>m</sub>	En alliages
l	Cadmium		Cd	Cd	8,64		5		6,8	320			Augmente R <sub>m</sub> et la dureté	En alliages
	Carbone		С	С	1,5				3 000		- 0,4		Carbone amorphe	Balais, contacts, résistances, électrodes, en alliages
	Chrome		Cr	С	7,2		32		11	1 857	+ 6,4		Augmente R <sub>m</sub> , facilite la mise en ceuvre	En alliages
	Cobalt		Co	К	8,8	31	78	12,5	5,7	1 494		11.7	Augmente la dureté à chaud et la résistance au fluage	En alliages
	Cuivre	Cu/a2	Cu	U	8,9	R:7 E:32	23 35	17	1,72	1 084,5	+ 3,9	99,966 Cu	Lourd, bon conducteur, soudable, diamagnétique	Câbles, barres, bobinages, collec- teurs, appareillages en alliages
	Étain		Sn	E	7,28		14,8	23	11,5	232			Soudable	Soudure, en alliages
	Fer		Fe	Fe	7,88				10	1 530			Corrosif	Résistances, en alliages, résis- tances de chauffe
***************************************	Magnésium		Mg	G	1,74	E:5	E:22	26,1	4,5	650		99,8		En alliages
Métaux	Manganèse		Mn	М	7,43				185	1 244			Augmente la résistance à l'usure	En alliages
divers	Mercure		Hg		13,59				95,8	- 39	+1		Liquide pour t <sub>a</sub> > - 39 °C	Contacts en ampoule, en alliages
	Molybdène		Мо	D	10,22	R:57	R:67	5,1	5,8	2 623			Résiste à la corrosion et à la tem- pérature, bonne R <sub>m</sub>	Contacts, filaments de lampes
	Nickel		Ni	N	8,89	R:18 E:62	R:50 E:76	13,3	9,2	1 455			Bonne résistance à l'oxydation	En alliages
	Or		Au		19,3				2,04	1 064			Inaltérable, résiste à l'arc, bon conducteur, onéreux	Contacts à faible pression, en alliages
	Phosphore Platine		P Pt	P Pt	1,83 21,46	1,5	18	40	10,6	1 773		N.	Bonne résistance à l'arc et à l'oxydation, onéreux	En alliages Contacts, électrodes de bougies, étalons de mesure, en alliages
	Plomb		Pb	Pb	11,35		11,5	29	20,6	327			Résiste à la corrosion, lourd	Batteries
	Silicium		Si	s	2,4		,-		105	1 420			Semi-conducteur, augmente Re	Semi-conducteurs, en alliages
	Titane		Ti	Т	4,5	10	13	8,5	47,8	1 625			Augmente la résistance à l'oxydation	En alliages
	Tungstène		w	w	19,1		E:90		5,5	3 410	+ 4,8		Très résistant, difficile à travailler	Filament de lampes, vis plati- nées, en alliages, outils Outils, en alliages
	Vanadium		V	V	5,8				26	1 917			Augmente la dureté et la résistance à l'usure à haute température	
	Zinc		Zn	Z	7,14		R:1 E:13	29		419	+ 4,19	99,995	Résiste à la corrosion	En alliages

## LEXIQUE ANGLAIS - FRANCAIS

AC (Alternating Current) : courant alternatif Access : accès

Accumulator: accumulateur, totalisateur

ADC (Analog-to-Digital Converter) : convertisseur analogique/numérique Adder : additionneur

ADP (Automatic Data Processing) : traitement automatique des données Algorithmics: algorithmique

ALU (Arithmetic Logic Unit) : unité arithmétique et logique

Analog : analogique
And : ET (intersection logique)
And-OR-INVERT : ET-OU-NON

Area: zone

Arithmetic logic unit : unité arithmétique et logique

Array processor : processeur vectoriel
Available : disponible

Back up : de secours

BASIC (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) : langage de pro-

grammation

Band width: bande passante

BCD (Binary Coded Decimal) : décimal codé binaire Binary: binaire

Bit (binary digit) : élément binaire, notation 1 ou 0 (eb)
Borrow : retenue en soustraction

Brightening: surbrillance

Buffer: tampon, mémoire intermédiaire Bug: boque

Bus : circuit

Byte: groupe de positions binaires

Call (to): appeler

CAM (Content Acces Memory) : mémoire associative

Carry: report, retenue en addition Case: boîtier

CD-ROM : disque optique compact

Chip: substrat de circuit intégré, pastille, microplaquette

Chip enable : validation d'un circuit

Clear : remise à zéro Clock: horloge

CMOS (Complementary MOS) : technologie à MOS complémentaire

COBOL (Common Business Oriented Language) : langage évolué de pro-

grammation
Computer: calculateur, ordinateur Conversational mode: mode dialogue

Counter: compteur

CPU (Central Processing Unit) : unité centrale de traitement

Current: courant

Data : donnée

Data bank : banque de données Data base : base de données

DBMS (Data Base Management System) : système de gestion de base de

données

DC (Direct Current) : courant continu

Debug (to) : déboguer Decoupling : découplage Delay: retard, temporisation

Device : dispositif

Diac (Diode Alternating Current) : diode à seuil bidirectionnelle

Digit: Chiffre (plusieurs digits forment un mot)

Digital: numérique Direct access : accès direct Directory : répertoire Diskette : disquette

Display: affichage, afficheur, visualisation Down/up: décomptage/comptage

Driver : circuit d'attaque, circuit de commande

DTL (Diode Transistor Logic) : circuit logique à diodes et transistors

Dump (to): clicher

Duty cycle: rapport cyclique

EAPROM (Electrically Alterable Programmable Read Only Memory): mémoire

programmée et effaçable électriquement

eb : élément binaire

ECL (Emitter Coupled Logic) : circuit logique à couplage d'émetteur

Edge: Front d'un signal Editor : éditeur

EEROM (Electrically Erasable Read Only Memory): mémoire morte effaçable électriquement

Electronic mall : messagerie électronique

EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) : mémoire morte programmable électriquement

Enable: Validation

Enable input : entrée de validation Even : pair Expandable: extensif, évolutif

Fall time  $(t_{fall})$ : temps de descente

False : faux FAN. in : entrance FAN. out : sortance

FET (Field Effect Transistor): transistor à effet de champ

Field : zone de mémoire de carte d'instruction

FIFO (First Input First Output) : mémoire organisée en file (système premier

entré, premier sorti) File : fichier

Firmware : microprogramme Flip Flop : bascule Floppy disk : disquette

FORTRAN (FORmula TRANslation) : langage évolué de programmation

Frequency: fréquence

FROM (Fusible Read Only Memory) : mémoire morte à fusible

Full adder: additionneur complet

full text : en texte intégral

Gate: porte, gachette GRAY: code binaire réfléchi Grounding: masse

Half-adder: demi-additionneur Halt: arrêter, interrompre Hard copy : tirage, facsimilé Hardware: matériel, machine

Hexadécimal : système de numérotation

Highlighting: marquage

Hold time (thold): temps de maintien
HTL (High Threshold Logic): technologie à haute immunité au bruit

IC (Integrated Circuit) : circuit intégré

Implement (to): implanter

Increment : valeur de progression, pas de progression

Input : entrée, introduction Insignificant : non significatif Instruction : instruction Interface: liaison, ionction

Joystick : manche, poignée

Jump: branchement, renvoi sur une séquence ou un sous-programme

Keyboard: clavier keyword: mot clé

Latch : bascule électronique

LCD (Liquid Crystal Display) : affichage à cristaux liquides LED (Light Emitting Diode) : diode électroluminescente

Level: niveau

LIFO (Last-In First Out) : mémoire organisée en pile (système dernier entré.

premier sorti) Linear : linéaire List (to): lister Listing: listage

Load : entrée de chargement, de programmation, charge Load-resistance : résistance de charge Local area network : réseau local

Lock ahead carry générator : générateur de retenue anticipée

Lock out : blocage

LSI (Large Scale Integration) : intégration à grande échelle

Magnetic disk : disque magnétique Maintain regulation : taux de régulation Maintain ripple : taux d'ondulation Mass storage : mémoire de masse Memory: mémoire

Message handling : messagerie électronique

Microprocessor: microprocesseur

MOS : technologie de circuit intégré à métal et oxyde de silicium Mouse: souris

MSI (Medium Scale Integration) : intégration à moyenne échelle Multiplexor: multiplexeur Multiprocessing: multitraitement Multiprogramming: multiprogrammation

NAND (Not AND): non ET

Negative edge triggered : déclenchement sur front négatif N MOS (N channel MOS) : MOS à canal N

Noise immunity : immunité aux bruits

NOR (Not OR) : non OU Numeric : numérique

## LEXIQUE ANGLAIS - FRANCAIS

Odd/even parity generator : générateur de parité ou imparité

Off: coupé, ouvert, hors service

Off line: autonome Offset : tension de décalage

On: fermé On-line: en ligne

On-line data service : serveur

Open : ouvert

Open collector: collecteur ouvert, sans charge Operating system: système d'exploitation

Or : OU Output: sortie

Package: boîtier, progiciel

Parity : parité

Peak forward current : courant direct de crête Peak working voltage: tension maximale d'utilisation

Personal computer: ordinateur individuel Pixel: pixel P MOS (P channel MOS): MOS à canal P

Pointer: pointeur

Positive edge triggered : déclenchement sur front positif

Power: consommation, puissance

Power supply : alimentation Power off : arrêt

Power on : marche

Preset: affichage ou mise en 1 Processor: unité centrale, processeur Priority encoder: codeur prioritaire

PROM (Programmable Read Only Memory): mémoire programmable

utilisée en lecture Pull: extraire, sortir Pulse: impulsion

Pulse width: largeur d'impulsion Push: pousser, appuyer, enfoncer

Rack: châssis, tiroir

RAM (Randon Acces Memory) : mémoire vive

Random access: accès direct Rate: rvthme, vitesse

Read: lecture Read-relay : relais à ampoule Real time : temps réel

Register : registre Register file : ensemble de registre

Release: révision, version, mise à jour

REPROM (REprogrammable PROM) : mémoire reprogrammable utilisée en

lecture Reset : remise à zéro Reset (to): restaurer Restore (to): restaurer

Restart (to) : relancer Ripple clock : horloge de compteur asynchrone

Rise time (t<sub>rise</sub>) : temps de montée Rolling ball : boule de commande

ROM (Read Only Memory) : mémoire morte utilisée en lecture

Routine: programme

Scratch : mémoire de travail Scrolling: défilement

Select input : entrée de sélection

Selector: sélecteur ou multiplexeur Serial access : accès séquentiel

Set: mise en 1 Set (to): instaurer

Set-up-time (t<sub>set-up</sub>) : temps de préaffichage Shift : registre à décalage

Single: unique, mono, simple Skew-time : décalage dans le temps Slew rate : vitesse de balayage Software: logiciel, programme Software engineering: génie logiciel

Speed: vitesse Spreadsheet : tableur

SSI (Small Scale Integration) : intégration à petite échelle

Stack: pile

Stack pointer : registre d'adresse de pile

Statement: instruction Storage: mémoire Streamer: dévideur

Strobe: validation, échantillonnage Subroutine : sous-programme Subtraction: soustraction

SUS (Silicone Unilateral Switch) : commutateur unilatéral

Switch: interrupteur, bouton.

TDM (Time Division Multiplexing): multiplexage temporel

Teleprocessing: télétraitement

Terminal: terminal Text processing: traitement de texte Thermal resistance: résistance thermique

Time: temps

Timer: rythmer, horloge Touch screen : écran tactile

Triac (Triode Alternating Current): thyristor bidirectionnel

Trigger: bascule électronique, porte avec seuil d'hystérésis, déclenche-

Tri state : trois états

True : vrai

TTL (Transistor-Transistor Logic): Logique transistor - transistor

TTY: télétype

Turn on time : temps total d'établissement

UJT (Uni-Jonction Transistor): transistor à une jonction

Unit : unité

Unload : mémoriser le contenu d'un accumulateur

Unused input : entrée inutilisée

UV (erasable ROM) : mémoire morte effaçable par ultraviolets

Version: version

VIH (Voltage Input High) : tension d'entrée niveau haut VIL (Voltage Input Low) : tension d'entrée niveau bas

Virtual jonction temperature : température virtuelle de jonction VLSI (Very Large Scale Integration) : intégration à très grande échelle V<sub>OH</sub> (Voltage Output High) : tension de sortie niveau haut

Vol. (Voltage Output Low): tension de sortie niveau bas

Waveform: signal

Wired or : ou câble, ou fantôme

Word: mot

Word processing: traitement de texte

Write: écriture Wafer : plaquette

## LISTE DES CONSTRUCTEURS ET DES ORGANISMES

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
A. D. E. M. E.	http://www.ademe.fr	27, rue Louis-Vicat 75737 PARIS CEDEX 15	01 47 65 20 00	Guides industriels pour les économies d'éner gie, développement des énergies nouvelles.
ADEPA		17, rue Périer 92120 MONTROUGE	01 41 17 11 11	Conférences, exposés sur tous les problèmes touchant à l'automatisation et à la productique
AEG- TELEFUNKEN		Faehberoich Halbleiter Theresientro BC 2 Postfach I 109, 71 HEILBRONN		Circuits intégrés logiques, circuits intégrés spécialisés, déclencheurs intégrés, thyristors triacs.
AFNOR	http://www.afnor.fr	11, av. Francis de Pressensé 93571 SAINT-DENIS CEDEX	01 41 62 76 44	Publications de Normes.
AIRELEC	http://www.airelec.fr	109 bd. Ney 75018 PARIS	01 53 06 28 60	Radiateurs et convecteurs pour chauffage électrique intégré.
ALCATEL	http://www.alcatel.fr	52, avenue Jean Jaurès 92700 COLOMBES	01 72 29 91 02	Câbles électriques, câbles chauffants.
ALSTOM Énergie		3, avenue Trois-Chênes 90000 BELFORT	03 84 55 10 00	Alternateurs, moteurs, turbines.
ALSTOM	http://www.alstom.fr	53, rue Baudin 92300 LEVALLOIS PERRET CEDEX	01 40 89 66 90	Transformateurs de puissance, transforma- teurs de distribution.
AOIP Instrumentation	http://perso.wanadoo.fr/ aoip.inst.export/	Chemin Orme Pomponne 91130 RIS ORANGIS	01 69 06 52 18	Appareils de mesure, équipements industriels automatisés.
ARNOULD PLANET WATTOHM	http: www.arnould-planet- wattohm.fr Fax: 01 48 10 69 59	BP 151 5, rue Jean Nicot 93 500 PANTIN	01 48 10 69 50	Gaines électriques encastrables, tubes élec- triques apparents, boîtes d'appareils élec- triques encastrables
ASCO-JOUCOMATIC	http://ascojoucomatic.fr	32, avenue Albert-1 <sup>er</sup> - BP 312 92506 RUEIL MALMAISON CEDEX	01 47 14 32 00	Vérins pneumatiques.
ASEA BROWN- BOVERI Energie	http://www.abb.com/fr	9 av. Edouard Belin 92500 RUEIL MALMAISON	01 41 96 45 00	Appareillage BT-HT Distribution Transport - Force motrice
возсн		32, avenue Michelet - B.P. 170 - 93404 ST -OUEN	01 40 10 71 11	Matériel hydraulique, vérins, distributeurs.
CAPRI - CODEC S.A.	http://www.capri-codec.com Fax : 02 54 95 24 01	36, rue des Fontenils 41600 NOUAN-LE-FUZELIER	02 54 83 49 00	Matériel d'installation électrique BT (conduits et accessoires)
CECLA		211 chemin Bascule 38110 ST VICTOR DE CESSIEU	04 74 33 46 66	Transformateurs TBT et BT et accessoires.
CEGELEC MOTEURS		Route Laneuvelotte 54420 CERVILLE	03 83 20 86 59	Moteurs à courant continu, moteurs à courant alternatif.
CEGELEC		72 av. de la Liberté 92000 NANTERRE	01 55 51 40 00	Ingénierie électrique, contrôle industriel, assistance technique.
CHAUVIN-ARNOUX MÉTRIX	http://www.chauvin-arnoux.com Fax : 01 46 27 73 89	190, rue Championnet 75876 PARIS CEDEX 18	01 44 85 44 85	Appareils de mesure

## Liste des constructeurs et des organismes

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
CIAT	http://www.ciat.fr	Avenue Jean-Falconnier - BP 14 - 01350 CULOZ	04 79 42 42 42	Chauffage électrique par pompe à chaleur.
Compagnie Construction Électrique Électronique		50, rue Jean-Pierre-Timbaud 92403 COURBEVOIE CEDEX	01 49 05 39 23	Composants électriques.
CONSUEL	http://www.espace-elec.com	5 rue Chante Coq 92800 PUTEAUX	01 41 97 86 66	Organisme de contrôle des installations électriques.
CROUZET Automatismes SA	http://www.crouzet.com	2, rue du Docteur-Abel - BP 59 - 26902 VALENCE CEDEX 9	04 75 44 88 44	Composants d'automatismes.
Électricité de France (EDF)	http://www.edf.fr	22-30 av. de Wagram 75008 PARIS	01 40 42 22 22	Documentation, recommandations sur l'éclai rage et le chauffage.
ELF ATOCHEM	http://www.elf.fr	24 cours Michelet La Défense 10 92069 PARIS LA DÉFENSE CEDEX	01 41 35 40 00	Matériaux isolants thermiques.
ENERTEC SCHLUMBERGER		1, rue Nieuport 78140 VELLIZY VILLACOUBLAY		Appareils de mesure, oscilloscopes.
F.A.E.A.M				Gaines électriques encastrables.
FESTO		8 rue Clos Ste Catherine ZA Des Maisons Rouges 94367 BRY SUR MARNE CEDEX	01 48 82 64 00	Automates programmables, distributeurs, vérins.
FIBRALITH		Z.I.BP 37 - 68190 LINGERSHEIM	03 89 26 69 50	Matériaux d'isolation thermique
FRANCE-TRANSFO Schneider-Électric	http://www.schneider-electric.com Fax: 03 87 70 56 54	Pont de Semécourt voie Romaine BP 10140 57231 MAIZIÈRES LES METZ CEDEX	03 87 70 57 57	Transformateurs HT
Gimalarm		11, rue Hamelin 75116 PARIS CEDEX	01 44 05 71 19	Alarme, vol, sécurité (publication de règles d'installation)
HAGER-TÉHALIT	http://www.hagergroup.fr email : enseignement@hagergroup.fr	132 BP 78, boulevard Europe 67212 OBERNAI CEDEX Assistance technique	03 88 49 50 50 08 10 20 72 07	Matériels d'installation électrique domestique Appareils modulaires – Goulottes Armoires – coffrets – Tableaux – Domotique
HAZEMEYER	http://www.hazemeyer.com	Route de Grugies 02430 GAUCHY	03 23 50 36 36	Protection des installations BT.
HOHL & DANNER		4, rue de l'Industrie 67450 MUNDOLSHEIM	03 88 18 06 00	Dissipateurs pour composants électroniques
INDUCTOTHERMIE		9 rue Georges Meliès 94350 VILLIERS SUR MARNE	01 49 30 72 40	Applications de l'induction.
NJELEC	Fax: 04 78 49 13 91	112, avenue Franklin-Roosevelt 69120 VAULX-EN-VELIN	04 78 49 25 86	Accessoires pour installations électriques encastrées.
INRS		30, rue Olivier-Noyer 75680 PARIS CEDEX 14	01 40 44 30 00	Établissement de décrets, arrêtés, circulaires concernant la sécurité des travailleurs.

#### Liste des constructeurs et des organismes ADRESSE SITE INTERNET **TÉLÉPHONE PRODUITS** ISOVER http://www.isover.saint-gobain.fr 2. boulevard Oise 01 34 20 18 00 Produits isolants pour l'habitat. ST-GOBAIN 95002 CERGY-PONTOISE LANDIS et GYR 5 rue Maurice Ravel 01 55 59 45 00 Régulation électronique de chauffage. (groupe Siemens) 92168 ANTONY CEDEX LANGLOIS http://www.langlois.france.com Z.I. du Haut-Vigneau 05 56 72 13 33 Équipements des salles d'essais, maquettes 33170 GRADIGNAN didactiques, composants. LEGRAND http://www.legrandelectric.com 128, rue De Lattre-de-Tassigny 05 55 06 87 87 Appareils d'éclairage, de signalisation d'alarme, BP 253 d'éclairage de sécurité, fusibles, transforma-87011 LIMOGES CEDEX teurs, etc. LEROY-SOMER http://www.leroy-somer.com Boulevard Marcellin-Leroy 05 45 64 45 64 Machines tournantes électriques, variateurs Fax: 05 45 64 45 04 électroniques de vitesse, pompes à chaleur. 16015 ANGOULEME CEDEX MARTONAIR http://www.norgren.com ZI de Noisel 01 60 05 92 12 Matériel pneumatique et hydraulique. 77422 MARNE-LA-VALLÉE (Norgren Hérion) METRIX 6 avenue Pré-de-Challe 04 50 64 22 22 Appareils de mesure, oscilloscopes. http://www.chauvin-arnoux.com **CHAUVIN-ARNOUX** Fax: 04 50 64 22 00 74940 ANNECY-LE-VIEUX MOTOROLA http://www.motorola.fr ZA Algorithmes Saint Aubin 01 69 35 77 00 Composants électroniques, microprocesseurs. 91190 SAINT AUBIN 107, boulevard Ney NOIROT http://www.noirot.fr 01 53 06 27 00 Convecteurs, accumulateurs pour chauffage. 75883 PARIS CEDEX 18 **OMRON** http:www.omron.fr 14. rue de Lisbonne 01 56 63 70 00 Appareillage pour automatisme industriel. Fax: 01 48 55 90 86 93561 ROSNY sous Bois CEDEX Automates programmables industriels Capteurs, détecteurs, codeurs, fins de course

ZI 5, rue d'Altorf BP 109

8. avenue Lac - BP 249

9, rue Pierre Rigaud

5 rue Chante Cog

92800 PUTEAUX

94856 IVRY-SUR-SEINE

Securitas, Immeuble Athéna

23. boulevard de l'Oise

95031 CERGY PONTOISE

21007 DIJON

67124 MOLSHEIM CEDEX

**OSRAM-SASU** 

PARVEX

**PHILIPS** 

**PROTEG** 

(SECURITAS)

**PROMOTELEC** 

http: www.osram.fr email: p.kalb@osram.fr

http://www.parvex.fr

http://www.philips.fr

http://www.proteg.fr

03 88 49 75 99

03 80 42 41 40

01 49 87 60 00

01 41 97 42 22

01 30 75 88 40

Lampes et tubes d'éclairage domestiques et

Variateurs de vitesse, moteurs axem, moteurs

à courant continu, pas à pas , sous-ensembles

Lampes, luminaires, accessoires pour l'éclai-

Association pour l'amélioration de la qualité

et de la sécurité des installations électriques

Protection, surveillance, sécurité.

publics - Luminaires divers.

électroniques.

rage.

intérieures.

## Liste des constructeurs et des organismes

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
RENAULT AUTOMATION	http://www.renault-automation.com	60, allée de la Forêt F-92365 MEUDON-LA-FORÊT CEDEX	01 41 36 17 00	Composants électroniques, circuits intégrés logiques et spécialisés
SAUNIER-DUVAL	http://www.saunierduval-ecc.com	Le Technipole 8, avenue Pablo-Picasso 94132 FONTENAY SOUS-BOIS CEDEX	01 49 74 11 11	Chauffe-eau, pompes de chaleur.
SCHAFFNER	http://www.schaffner.com	43, rue Michel-Carré 95100 ARGENTEUIL	01 34 34 30 60	Composants électroniques, transformateurs d'impulsions.
SCHNEIDER- ELECTRIC	http://www.schneider-electric.com	36, avenue Carnot 91300 MASSY	08 10 01 12 99	Transformateurs de puissance, convertis- seurs variateurs, automates, appareillage électrique
SCHRADER		48,rue de Salins - BP 29 25300 PONTARLIER	03 81 38 56 56	Vérins, composants pour installations pneu- matiques.
SEREG	http://www.schlumberger.com	12 av. Quebec 91140 VILLEBON-SUR-YVETTE	01 60 92 32 51	Division instruments.
SIEMENS	http://www.siemens.com	9, rue du Dr Finot 93527 SAINT-DENIS CEDEX 2	01 49 22 31 00	Appareillage électrique, composants électro- niques, télécommunication. Machines tour- nantes
SKF Equipements	email : equipements-france@skf.com Fax : 09 30 12 68 09	34, Avenue de trois peuples 78180 MONTIGNY le BRETONNEUX	01 30 12 73 00	Vérins électriques et systèmes de commande. Systèmes linéaires de guidage.
SOCAPEX (AMPHENOL)		Mail Barthélémy Thimonnier 77185 LOGNES	01 64 62 76 76	Connecteurs, circuits imprimés, relais. Interrupteurs à lames souples.
TEKELEC TEMEX	http://www.fr.ibm.com/ france/prodosolprods622.htm	29 av. Baltique 91140 VILLEBON-SUR-YVETTE	01 46 90 23 00	Appareils de mesure, oscilloscopes.
TÉLÉMÉCANIQUE (Groupe Schneider)	http://schneiderelectric.com	33, avenue de Chatou 92500 RUEIL - MALMAISON	01 41 39 30 00	Contacteurs, relais, appareils de protection cof- frets et armoires. Automates programmables, éléments de commande et de signalisation, etc.
TEXAS- INSTRUMENTS		8, avenue Morane-Saulnier BP 67 - 78144 VÉLIZY	01 30 70 10 01	Composants électroniques, calculateurs.
THALES	http://www.thomson-csf.com	45 rue Villiers 92200 NEUILLY SUR SEINE	01 57 77 80 00	Composants électroniques.
TOLARTOIS	http://www.tole-perforee.com	Avenue de la Ferme-du-Roy BP 213 - 62404 BÉTHUNE	03 21 64 75 75	Chemins de câbles, échelles de câbles.
TRÉFIMÉTAUX		20, rue Maurice-Thorez 60590 SERIFONTAINE	01 57 77 80 00	Câbles
TRILUX LENZE et compagnie		HeidestraBe Arnsberg 59759 ALLEMAGNE	49(0) 18 05 87 45 89	Luminaires, starters électroniques, logiciels d'éclairage.
UTE	http://www.ute-fr.com	5 rue Chante Coq 92800 PUTEAUX	01 49 07 62 00	Normes électriques.

## **INDEX ALPHABETIQUE**

	Pages		Pages
A.		В.	
Abaque de consommations annuelles (Chauffage)	222	Balise lumineuse	562
Accidents d'origine électrique	55	Bloqueur 2/2 pneumatique	438
Accidents et incidents sur les ouvrages électriques	92	Bouton tournant lumineux	562
Actionneur électrique des composants pneumatiques	431, 432	Boutons de commande (Choix des)	563
Actions continues (Grafcet)	602, 603	Boutons poussoirs	562
Actions mémorisées (Grafcet)	604, 605	Boutons poussoirs (Choix des couleurs)	562
Aération contrôlée	210	Boutons poussoirs lumineux	562
Aération générale (Réglementation)	210, 211	Boutons tournants	562
Alarme incendie (Equipement)	291	Branchement des machines-outils	484
- type 1 (Catégorie de SSI A)	291, 292	Brochages des circuits intégrés analogiques	632
- type 2a (Catégorie de SSI B)	293, 294	Brochages des circuits logiques	633
- type 2b (Catégorie de SSI C, D ou E))	295, 296	Brochages des différentes lampes ou tubes	191
- type 3 (Catégorie de SSI C, D ou E)	297, 298		649
- type 4 (Catégorie de SSI D ou E)	299	Brochages des thyristors et des triacs	
Alarmes techniques	305	Brochages des transistors	632, 652
Alimentation sans interruption (ASI)	318	Brochures relatives à la sécurité	693 à 69
Alimentation stabilisée à transistor (Exemple)	664	Bus et réseaux de terrain en automatisme industriel	497 à 500
Alimentations électroniques (Exemples)	636		1000
Alimentations secourues : Guide de choix	314 à 317		
	278	C.	
Ambiance ou anti-panique (Eclairage d')			
Amorçage et protection des thyristors	646	Other (Order de déclaration des andresses)	04
Amortissement des vérins	419	Câbles (Code de désignation des couleurs)	31
Amplificateurs opérationnels	631	Câbles chauffants	199
Appareils de mesurage (Sécurité des)	684	Câbles et canalisations dans les ERP	284
- conseils de sécurité	686	Câbles et conducteurs	161
- sécurité des utilisateurs et marquage	684, 685	- désignation des câbles et des conducteurs	161
- spécifications techniques	686 à 692	- guide de choix des câbles et des conducteurs	162
Appareils de mesure (Prévention)	61	identification des conducteurs (Code des couleurs)     repérage des conducteurs	161
Appareils intégrés	540		162
- contacteur-disjoncteur type « Intégral »	540	Câbles. Conducteurs. Canalisations électriques	129
- schémas d'application	540	Calcul du courant de court-circuit	144
Appareils mobiles en BT	61	- méthode conventionnelle	147 à 152
Appareils mobiles en BT (Règles de sécurité)	62 à 63	méthode de composition     méthode des impédances	147 à 149
Armoires. Pupitres. Coffrets	485		144 à 146
Arrêtés relatifs à la sécurité	693 à 697	Canalisation électrique (Exemple de choix)	173, 174
Asservissements des systèmes incendie (Gestion des)	301	Canalisations électriques. Conducteurs. Câbles	129
Asservissements et régulation des moteurs	392, 393	Canalisations enterrées	170
Attestation (Consignation et déconsignation)	84, 85	Canalisations préfabriquées	171, 172
Automates programmables industriels	565	Canalisations sous conduits apparents	236
- alimentation, connexions, liaisons	565	- canalisations fixées aux parois	236
- architecture et liaisons	565	- désignation et choix des conduits en montage apparent	236
- communication	566	- passage de plusieurs circuits dans un même conduit	237
- critères de choix	565	- puissance admise en fonction du type de douille	237
<ul> <li>exemple de configuration d'une communication sans fil</li> </ul>	571	- section des conducteurs pour les prises de courant	237
- exemples de fonctionnalités d'un API	569, 570	Canalisations sous conduits encastrés	234
guide de choix	568, 572	- pose avant et pendant la construction	234
- mise en service, maintenance, exploitation, sécurité	566	pose en saignée après construction	234
- modules d'entrée/sortie	566, 567	- saignées dans les cloisons	235
Automatismes (Architectures d')	496	Capteurs (Détecteurs)	554
Auxiliaires de commande et de signalisation	562	Caractéristiques des matériaux	704
- conditions d'utilisation des unités de commande	562, 563	Caractéristiques électriques des moteurs asynchrones	372
- critères de choix	563	Cartouches fusibles (Taille des)	518
Avant-projet de chauffage électrique intégré (Démarche)	197	Catégories de surtension (Multimétrie)	686, 687
Avant-projet d'éclairage (Aide à l'établissement d'urı)	195, 196	Catégories d'emploi des contacteurs	530, 531
Avant-projet d'éclairage (Critères de choix)	175	Catégories d'emploi des contacteurs	552
Avant-projet d'éclairage (Exemple)	192 à 195		
Avant-projet d'eclarage (Exemple)  Avant-projet d'un chauffage électrique par le sol	200 à 202	Catégories d'établissements (Surfaces et effectifs)	273, 274

	Pages	THE PARTY OF THE P	Pages
Cellule de protection du transformateur (Choix)	456	– propriétés des enveloppes	488, 489
Cellules ou fonctions HT-BT	461	- surfaces et hauteur d'encombrement	488
Centrale hydraulique	443	Commande de systèmes	593
Centrales d'alarme technique	306, 307	- le Gemma	614 à 616
Chantiers extérieurs (Règles de sécurité)	63, 64	- le Grafcet	594 à 613
Chauffage (Avant-projet)	203, 204	<ul> <li>structuration des systèmes automatisés</li> </ul>	593
– mode de calcul simplifié	203, 204	Commande des moteurs industriels	510
- températures extérieures de base	203	Commande électronique de chauffage	632
- températures intérieures de base	204	Commande, détection et transmission (Sécurité)	312, 313
Chauffage domestique électrique	197	Communication (Niveaux de)	566
- abaques de consommation	222	Commutation (Diodes de)	628
- détermination d'un avant-projet	197	Comparateurs	631
- exemple d'étude thermique	219 à 221	Compartimentage (Sécurité incendie)	288, 289
- normes et règlement	204	Compensation de la chute de tension dans l'induit	394
- procédés de chauffage	217		588 à 591
<ul> <li>procédés de programmation</li> </ul>	217	Compensation de l'énergie réactive	
- régulation	216	Conception et Maintenance de la sécurité dans les bâtiments	271
<ul> <li>schémas et raccordements</li> </ul>	213 à 215	Condamnation des appareils en position d'ouverture	69
Chauffage électrique par le sol (Avant-projet)	200 à 202	Condensateurs (Relevé du facteur de puissance)	591
Chemins de câbles	168, 169	- installation des condensateurs (Guide de choix)	592
Chimiques (Risques)	695	- tableau des puissances	591
Choix des câbles et des conducteurs	162	Condensateurs au tantale sec	627
Choix du type de câble et de canalisation	164	Condensateurs céramiques	627
Choix d'une canalisation électrique (Exemple)	173, 174	Condensateurs électrochimiques	627, 628
Chute de tension dans les canalisations électriques	157	Condensateurs plastiques	627
Chute de tension d'un transformateur BT	475	Condensateurs pour améliorer le facteur de puissance	465
Chute de tension suivant les sections	157, 158	Conditionneurs de réseau : Guide de choix	314 à 317
Circuits imprimés (Réalisation des)	634, 635	Conducteur neutre	243
Circuits intégrés analogiques	631, 632	- dimensionnement	243
	617 à 619	- protection du conducteur neutre	243
Circuits intégrés logiques (C.I.L.)		Conducteurs de neutre et de protection (Section)	160
Circuits intégrés logiques (Caractéristiques électriques)	617	Conducteurs de protection	240
Circuits intégrés logiques CMOS	625	- dimensionnement	241
Circuits intégrés logiques TTL	624	<ul> <li>exemple de distribution d'un conducteur de protection</li> </ul>	242
Circulaires relatifs à la sécurité	693 à 697	- raccordement et choix	240
Clapet anti-retour hydraulique	444	<ul> <li>section des conducteurs de protection</li> </ul>	241
Classe de démarrage des moteurs	364	Conducteurs et câbles (Voir câbles et conducteurs)	161
Classe des isolants	326	Conducteurs. Câbles. Canalisations électriques	129
Classe d'isolement (Multimétrie)	687	Conduits	163
Classe photométrique	180	<ul> <li>choix du type de câble et de canalisation</li> </ul>	164
Classement alphanumérique des circuits logiques	622	<ul> <li>conditions de pose des câbles et des conduits</li> </ul>	165
Classement des installations en fonction des tensions	74	<ul> <li>désignation des conduits</li> </ul>	163
Classes des matériels	61	Connecteurs DB 25 et DB 9	501
Classification des locaux	123 à 128	Consignation en vue de travaux hors tension	67 à 73
Classification des locaux à partir des influences externes	125 à 128	Constructeurs et organismes (Liste des)	707 à 709
Climatisation	224 à 228	Consuel	699
Climatisation pour les enveloppes de protection	490 à 492	Contacteur chauffe-eau	266
Climats (Définition des)	205	Contacteur-disjoncteur « Intégral »	540
- degrés jours unifiés		Contacteurs	525
zone climatique d'hiver de chaque département	206, 207 205	- choix suivant la catégorie d'emploi	530, 531
		- choix suivant la durée de vie électrique	532, 533
Code de désignation des couleurs (Câbles)	31	- critères de choix	525 à 527
Code des couleurs (Conducteurs)	162	- exemple de choix de contacteurs	534
Code des couleurs des condensateurs	627	<ul> <li>exemple de fiche technique</li> </ul>	528, 529
Code des couleurs des résistances	626	Contacteurs auxiliaires et mini-contacteurs	563
Codeur rotatif	561	Continuité de l'énergie électrique	450
Coefficients correcteurs f (Câbles sous conduits)	140	Contraintes thermiques des câbles	547
Coefficients correcteurs f (Canalisations à l'air libre)	137 à 140	Contraintes thermiques des dables  Contraintes thermiques des disjoncteurs	547
Coefficients correcteurs F (Canalisations enterrées)	136, 137		422, 424
Coefficients correcteurs K (Suivant l'utilisation)	136	Contraintes thermiques des fusibles	
Coffrets. Armoires. Pupitres	485	Contrat EDF	579
- choix de la climatisation pour les enveloppes de protection	490 à 492	Contrôle et maintenance des installations de sécurité	304
- démarche de détermination	485	Contrôleurs de niveau	560
- guide de choix d'une enveloppe de protection	486, 487	Convecteurs électriques	198, 199

	Pages		Pages
Conventions et symboles électriques	13	Détecteurs pneumatiques	433, 434
Convertisseurs statiques (Guide de choix des)	398, 399	Détecteurs pour sécurité incendie	300
Convertisseurs statiques : Eléments de choix	391	- installation	300
- caractéristiques de fonctionnement	392	- règles d'installation	300
- caractéristiques de protection pour les gradateurs	397	Détection anti-intrusion	310
- caractéristiques des variateurs pour moteurs à courant alternatif	397	Détection, commande et transmission (Sécurité)	312, 313
- caractéristiques des variateurs pour moteurs à courant continu	395, 396	Détermination des sections des conducteurs	129
<ul> <li>caractéristiques pour démarreur ralentisseur à courant alternatif</li> </ul>	397	Diodes de commutation	628
- conditions de démarrage et d'arrêt	394, 395	Diodes de redressement (Choix des)	642, 643
- fonctions réalisées par les variateurs électroniques	391	Diodes de redressement (Choix des)	629
<ul> <li>mesure de la fréquence de rotation</li> <li>régulation et asservissements</li> </ul>	394	Diodes electronaminescentes (LED)	628
- tachymétrie	392, 393 394	-10-00	542
	394	Disjoncteurs  - cas des transformateurs	
Convertisseurs statiques : Identification		- cas de courant continu	548 549
Convertisseurs statiques : Schémas de branchement	400	_ choix à partir du pouvoir de coupure	549
- convertisseur pour électrothermie résistive « 3RF1 »  - démarreur-ralentisseur type « LH4 »	406	- courbes de limitation des disjoncteurs	547
- variateur pour moteurs à courant alternatif type « ALTIVAR »	404, 405 402	- critères de choix	542 à 544
- variateur pour moteurs à courant continu type « RECTIVAR »	400, 401	<ul> <li>exemple de fiche technique</li> </ul>	546
- variateur pour moteurs Brushless	403	- types de déclencheurs	544, 545
Coordination fusibles ou disjoncteurs/interrupteurs	578	Disjoncteurs modulaires	545
Coordination fusibles/relais thermiques	578	Dispositifs de coupure (Installation de sécurité)	305
•	510	Dissipateurs (Choix des)	656 à 659
Coordination type 1 et type 2		Distance minimale d'approche	76
Couplage des transformateurs HT (Désignation)	468	Distances de sécurité (Voisinage des installations électriques)	63
Couple accélérateur	335		77
Couple de serrage des composants électroniques	657	Distances limites de voisinage	445, 446
Couple moteur	334	Distributeur hydraulique	426
Couple résistant	334	Distributeur pneumatique	
Couple, courant, hauteur d'axe, puissance des moteurs	331, 332	Distributeurs (Symboles)	43, 44
Coups de poing	562	Distributeurs pneumatiques (Détermination des)	426 à 430
Coupure (dispositifs de)	305	Distribution BT (Principales architectures)	449
Courant de protection d'une canalisation électrique	130	Distribution de l'énergie électrique HT et BT	449
Courant d'emploi (Détermination du)	131, 132	- architectures de la distribution BT	449
Courant, hauteur d'axe, couple, puissance des moteurs	331, 332	- continuité de l'énergie électrique	450
Courses normalisées recommandées des vérins	419	- évaluation de la puissance d'une installation BT     - réseau de distribution de deuxième catégorie	451, 452
Culots des lampes à incandescence	191		453
odioto dos lampos a modificación		Distribution et régulation de l'énergie pneumatique (Symbole)	43
		Distribution publique BT	229
D.		- branchement tarif bleu	229
<b>-</b> .		- types de réseaux	229
	004	Durée de vie des contacteurs	532, 533
Déclencheur de triacs ou de thyristors	631	Dynamo tachymétrique	394
Décrets relatifs à la sécurité	693 à 697		
Degré de protection minimum (IP)	125 à 128		
Degrés jours unifiés	206, 207	E.	
Délesteur	266		
Démarrage des moteurs (Conditions de)	334 à 337		475
Démarrage des moteurs (Temps de)	336, 337	Eclairage	175
Démarrage des moteurs asynchrones	344 à 353	Eclairage (Avant-projet)	176 à 183
Démarreur des moteurs (Choix du)	338 à 343	Eclairage : Critères de choix	176
Démarreur progressif pneumatique	437	- appellations de teintes	179
Démarreur-contrôleur	541	- choix de la température de couleur (Diagramme de Kruithof)     - choix des appareils d'éclairage (Abaques de Söllner)	179
Démarreurs des moteurs (Détermination des)	357 à 362	- choix des appareirs d'éclarage (Abaques de Soirrer) - choix des luminaires	178
	404, 405	- classe photométrique	180 180
Démarreurs progressifs pour moteur à courant alternatif	289	- dépréciation des luminaires	178
Désenfumage (Sécurité incendie)		- dimensions du local	176
Désignation des câbles et des conducteurs	161	- éclairage localisé	178
Désignation des conduits	163	- éclairements moyens en service recommandés	177
Détecteur Autonome Déclencheur (DAD)	300	- facteurs de réflexion des murs et des plafonds	176
Détecteurs électromécaniques	558	- indice du local	176
Détecteurs électroniques	554	- nombre de luminaires	180
- aide au chois des détecteurs	556	- rendu des couleurs	179
- guide de choix (Fiches techniques)	559, 560	- répartition des luminaires	180
<ul> <li>types d'informations délivrés par les détecteurs</li> </ul>	554	- utilance (Tableau)	181 à 183

	Pages		Pages
Eclairage : Détermination d'un avant-projet	175	Evolution d'un Grafcet	596 à 599
Eclairage d'ambiance ou anti-panique	278	Exemple d'installation électrique domestique	269, 270
Eclairage de sécurité	277	Extincteurs mobiles	697
- blocs autonomes (BAES)	279		
- blocs autonomes BAES Sati adressables	280, 281		
- conception d'une installation	277, 278	F.	
- évolution de la réglementation	277		
<ul> <li>exemple de calcul d'une installation à source centralisée</li> </ul>	283		
- sources centralisées	282	Facteur de crête (Multimétrie)	671
Eclairage de sécurité (Différentes fonctions)	277	Facteur de forme du courant (Moteur à courant continu)	380
Eclairage de sécurité (Guide de choix)	275, 276	Facteur de puissance (Amélioration du)	465
Eclairage de sécurité : Exemple	283	Facteur de puissance des récepteurs	589
Eclairage d'évacuation ou de balisage	277	Facteurs de réflexion des murs et des plafonds	176
Eclairements moyens en service recommandés	177	Familles logiques	617
Efficace (Mesure en valeur)	669, 670		697
	58	Feu (Classes de)	576
Electrisations (Effets des)	617	Filiation entre disjoncteurs	
Electronique de commande		Filtres : Guide de choix	314 à 31
attaques des entrées et des sorties des C.I.L.     brochages des composants	620, 621	Fixations des moteurs	324, 325
- circuits intégrés analogiques	632, 634 631, 632	Formation et habilitation	81 à 84
- circuits intégrés logiques (C.I.L.)	617 à 619	Formes de fixation des moteurs	324, 32
- composants passifs	626 à 629	Foudre (Protection contre la)	248
- exemples de montages	636	Freinage des moteurs (Temps de)	336, 33
réalisation pratique des circuits imprimés	634, 635	Freinage des moteurs asynchrones	354 à 35
- règles d'emploi des circuits intégrés logiques	624, 625	Freineur hydraulique	444
- semiconducteurs	628, 629	Fréquences de rotation des moteurs	324
- table des circuits intégrés logiques par fonction	622, 623	Froid en climatisation	224 à 22
- transformateurs d'impulsions	630	3.120	514
Electronique de puissance	637	Fusibles	100
- choix des diodes (Fiches techniques)	642, 643	- cas des lignes - cas des moteurs asynchrones triphasés	520 519
- choix des dissipateurs	656 à 659	- cas des transformateurs	520
- choix des fusibles en électronique de puissance	652 à 655	- conditions d'utilisation	518
<ul> <li>choix des thyristors (Fiches techniques)</li> </ul>	644 à 646	- consommation des fusibles aM	523
- choix des thyristors GTO	649	- consommation des fusibles gG	521
- choix des transistors (Fiches techniques)	651	- contraintes thermiques des fusibles aM	524
- choix des triacs (Fiches techniques)	648	- contraintes thermiques des fusibles gG	522
<ul> <li>diodes (Choix et protection)</li> <li>éléments de choix et de protection des composants</li> </ul>	637	<ul> <li>courbes caractéristiques des fusibles aM</li> </ul>	523, 524
- exemples d'application	637 à 640 660 à 664	<ul> <li>courbes caractéristiques des fusibles gG</li> </ul>	521, 522
- puissance à dissiper dans les composants	640	- courbes de limitation des fusibles aM	524
- thyristors (Choix et protection)	638	- courbes de limitation des fusibles gG	522
- transistors (Choix et protection)	640	- critères de choix	514 à 51
- triacs (Choix et protection)	639	Fusibles en électronique de puissance (Choix des)	652 à 65
Electrovannes pneumatiques	431		
Eléments chauffants	198, 199		
	431	G.	
Embases associables pneumatiques	The second second		
Emploi des circuits intégrés logiques	624, 625		
Encapsulation (En VDI I')	494	Gemma	616
Enceintes conductrices exiguës	62	Gestion de l'énergie active et réactive	579
Energie active et réactive (Gestion)	579	- compensation de l'énergie réactive	588 à 59
Entrées et sorties des circuits intégrés logiques	620, 621	<ul> <li>données tarifaires EDF en fonction des contrats</li> </ul>	580
Equipement électrique d'une salle d'eau	247	- exemple de facturation EDF (Tarif VERT A5)	587
Equipements et installations BT en milieu domestique	229	- guide de choix d'un mode de tarification	579
Equipements et installations BT en milieu industriel	507	guide de choix d'une installation des condensateurs	592
	272	- tarif BLEU	581, 582
Etablissements (Sécurité et spécificités)  – activités de l'établissement	272	- tarif JAUNE - tarif VERT	585, 586
- définition de la catégorie	273, 274	- tarification	583, 584
- différents établissements	272	vérification du choix d'une version tarifaire EDF	579 581 à 58
- guide de choix d'un éclairage de sécurité	275, 276		
	and the second second second	Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique	263 à 26
Etablissements recevant du public (E.R.P.)	272	Gestion des asservissements (Sécurité incendie)	301
Etapes (Grafcet)	600	Goulottes	167
Etapes encapsulantes (Grafcet)	610, 611	Grafcet	594
Etude thermique d'un pavillon	219 à 221	- exemple : Doseur malaxeur automatique	612 à 61
Evacuation ou de balisage (Eclairage d')	277	<ul> <li>langage de spécification pour diagrammes fonctionnels</li> </ul>	594 à 59
		<ul> <li>représentation graphique des éléments</li> </ul>	600 à 60

	Pages		Pages
- représentation graphique des structures de séquence	605 à 608	Interrupteur crépusculaire	266
- structuration	608 à 612	Interrupteur horaire	266
Grafcet partiel	608, 609	Interrupteurs	552
Grandeurs énergétiques : Lexique	223	- critères de choix	552
Grandeurs et unités de mesure (Symboles des)	700 à 703	- exemple de fiche technique	553
		Interrupteurs fin de course	558
		Interventions de dépannage	87, 88
H.		Interventions du domaine BT	86
11.		Intrusion (Sécurité)	309
			326
Habilitation (Classification)	83	Isolants (Classe des)	
Habilitation et formation	81 à 84	Isolants thermiques	208, 209
Hauteur d'axe, courant, couple, puissance des moteurs	331, 332	Isolation d'une maison (Exemple)	212
Hydraulique et pneumatique	40 à 46		
		K.	
l.			1
		Kruithof (Diagramme de)	179
Identification des bornes d'appareils	31	KV (Abaques de choix du)	429
Identification des conducteurs (Code des couleurs)	161		
Incendie (Choix des Systèmes de Sécurité)	302, 303		
	285	L.	
Incendie (Sécurité)	176		
Indice du local (Eclairage)		Laman	100 100
Indice horaire des transformateurs HT (Détermination)	468	Lampes	188, 189
Indices de protection	124	Lampes baladeuses	61
Inertie (Moment d')	320	Les réseaux de terrain (Voir VDI)	493
Informatique dans les automatismes (Rôle de l')	493	architectures d'automatismes     bus et réseaux de terrain en automatisme industriel	496
Installation communicant (Système d')	263 à 265	- communication et protocole	497 à 50 493
Installation électrique domestique : Exemple	269, 270	- connecteurs DB 25 et DB 9	501
Installation électrique domestique : Schéma des circuits	238, 239	- les réseaux informatiques	494
- surface de logement ≤ à 35 m²	238	- liaisons asynchrones	501, 502
- surface de logement de 35 à 100 m <sup>2</sup>	238	- réseaux ETHERNET	499, 500
<ul> <li>surface de logement ou de maison ≥ 100 m²</li> </ul>	239	- topologie des réseaux	494, 495
Installations BT en milieu industriel : Appareillage	513 à 572	Lexique : Grandeurs énergétiques	223
Installations BT en milieu industriel : Environnement	512	Lexique anglais-français	705, 706
Installations BT en milieu industriel : Règles générales	507	Liaisons asynchrones (VDI)	501, 502
- fonctions réalisées	507	Limiteur de pression hydraulique	444
- identification des matériels	507	Liste des constructeurs et des organismes	707 à 70
- structure d'une installation BT	508, 509	Locaux recevant du public	272
- structure pour la commande des moteurs industriels	510, 511	Lois générales d'électrotechnique	9 à 12
Installations électriques domestiques : Règles	230	Longueurs maxi protégées contre les contacts indirects	154 à 15
- choix des interrupteurs ou disjoncteurs différentiels	231		150 à 15
conditions d'encastrement de l'appareillage     encastrement dans les cloisons non porteuses	232	Longueurs maxi protégées contre les courts-circuits	180
mode de pose des canalisations	232 231	Luminaires (Choix des)	
nombre de points d'utilisation suivant la section	231	Luminaires (Dépréciation des)	178
- nombre minimum de foyers lumineux et de prises de courant	230		
- pose de moulure, plinthe et chambranle	233	M.	
- pose des câbles en apparent	233	IVI.	
- pose des canalisations dans les vides de construction	232		
- pose des conducteurs ou câbles	231	Machines entraînées (Puissance d'entraînement)	321, 322
pose des socies de prises de courant	233	Machines-outils (Règles générales de branchement)	484
- protection à l'origine des circuits	230	Machines-outils portatives	61
Installations et équipements BT en milieu domestique	229	Macro-étapes (Grafcet)	612
Installations et équipements BT en milieu industriel	507	Maintenance et contrôle des installations de sécurité	304
Installations intérieures en BT (Règles de sécurité)	60	Manipulateur	562
Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.)	699		
Instruction Permanente de Sécurité (IPS)	85	Manœuvres Matériany (Cornetéristiques des)	89
Intensités admissibles (Canalisations BT à l'air libre)	135	Matériaux (Caractéristiques des)	704
Intensités admissibles (Canalisations enterrées BT)	134	Matériaux isolants thermiques (Caractéristiques des)	208, 209
Intensités de démarrage des moteurs	330	Matériel de protection	66, 67
	619	Matériels d'éclairage	185
Interfaçage entre circuits logiques	010	- accessoires d'allumage d'un tube	187

	Pages		Pages
- culots des lampes à incandescence	191	- guide de choix	382
- différents types de lampes	188, 189	- machines entraînées	380
- principaux types de tubes	190	- paramètres électriques	380
- réflecteurs	186	- possibilités d'adaptation	379
- sources lumineuses	185	- repérage des circuits internes	381
	513 à 572	Moteurs asynchrones : Caractéristiques électriques	328
Matériels et équipements industriels BT		- chute de tension en ligne	328, 329
Mesurage (Sécurité des appareils de)	684 à 692	- moteurs monophasés	372
Mesurages. Essais. Vérifications	89 à 91	- moteurs triphasés à bagues	375, 376
Mesure de terre	675	- moteurs triphasés à cage	373
- mesure de la boucle phase-PE	678, 679	- moteurs-freins triphasés	374
- méthode de WENNER - méthode des 62 %	676	<ul> <li>optimisation de l'utilisation des moteurs (redressement du cos φ)</li> </ul>	330
- methode des 62 % - méthode en triangle	676, 677	<ul> <li>pointes de courant admissibles</li> </ul>	330
- méthode variante des 62 %	677	<ul> <li>tensions de fonctionnement</li> </ul>	328
- résistivité suivant la nature du terrain	677, 678 675	- variations de tension	328
	100	Moteurs asynchrones : Choix du démarreur	338
Mesure électrique industrielle	665	- critères économiques	342, 343
- multimétrie	665 à 674	- évolution du marché des moteurs	343
<ul> <li>sécurité des appareils de mesurage</li> <li>sécurité électrique et mesures associées</li> </ul>	684 à 692	<ul> <li>suivant le type de machine entraînée</li> </ul>	338 à 340
	675 à 683	<ul> <li>tableau comparatif des modes de démarrage</li> </ul>	341
Mesures associées (Mesure électriques industrielle)	675	Moteurs asynchrones : Conditions de démarrage	334
<ul> <li>contrôle des dispositifs de protection</li> </ul>	682, 683	- couples accélérateurs	335
- mesure de continuité	682	- couples moteur	334
- mesure d'isolement	680 à 682	- couples résistants	334
- mesures de terre et de résistivité	675 à 679	- pointes de courant au démarrage	334
- normes	675	<ul> <li>temps de démarrage et de freinage</li> </ul>	336, 337
Mesures pratiques de protection	60	Moteurs asynchrones : Démarrage et freinage	344
Méthode de référence (Pose des câbles et canalisations)	138	- démarrage des moteurs deux vitesses (bobinages indépendants)	353
Micromoteurs	407	<ul> <li>démarrage des moteurs deux vitesses (pôles commutables)</li> </ul>	353
Micromoteurs (Détermination des)	408	- démarrage direct	346
- moteur à courant continu	411, 412	<ul> <li>démarrage étoile, triangle-résistance, triangle</li> </ul>	348
- moteur asynchrone	412, 413	– démarrage étoile-triangle	347
- moteur pas à pas	408 à 410	- démarrage par autotransformateur	350
- moteur synchrone	413, 414	<ul> <li>démarrage par élimination de résistances rotoriques</li> </ul>	351
Micromoteurs (Guide de choix des)	407	démarrage par élimination de résistances statoriques	349
Micromoteurs (Guide de choix du réducteur)	408	- démarrage rotorique à couplage centrifuge	352
Mini-contacteurs et contacteurs auxiliaires	563	démarrages particuliers     freinage à contre-courant	352
- conditions d'utilisation	564	- freinage hypersynchrone	355 356
- définition	563	- freinage par injection de courant continu dans le stator	356
- exemple de fiche technique	564	- inversion du sens de rotation	352
Minuteries	266	- moteurs freins	354
Mise à la terre et en court-circuit (Consignation)	67 à 69	- moteurs monophasés à condensateur permanent	344
Mode de pose des câbles et des conduits	166	- moteurs monophasés à coupleur centrifuge	345
	572	- moteurs monophasés à coupleur centrifuge et à condensateur	344
Modules logiques de sécurité  – appréciation et prévention du risque		<ul> <li>moteurs monophasés à relais de démarrage</li> </ul>	345
- catégories des systèmes de commande	572, 573 573	<ul> <li>plaque à bornes des moteurs triphasés</li> </ul>	346
- choix d'un système de commande	574	Moteurs asynchrones : Détermination de la puissance	331
- exemple : arrêt d'urgence	575	- correction suivant la fréquence de rotation	331
- fonctions de sécurité	574	<ul> <li>puissances normalisée des moteurs</li> </ul>	331
Moment d'inertie	320	- puissances, couples, courants et hauteurs d'axe	332
	268	- transformation de la puissance en couple	333
Montages lumières : Schémas		Moteurs asynchrones : Détermination des démarreurs	357
Moteur à courant continu (Micromoteur)	411, 412	<ul> <li>choix des résistances de démarrage</li> </ul>	362
Moteur asynchrone (Détermination d'un)	319	- démarrage direct	357
Moteur asynchrone (Micromoteur)	412, 413	<ul> <li>démarrage étoile, triangle-résistance, triangle</li> </ul>	357
Moteur pas à pas	408 à 410	<ul> <li>démarrage étoile-triangle</li> </ul>	357
Moteur synchrone (Micromoteur)	413, 414	démarrage par autotransformateur	359
Moteurs « BRUSHLESS »	386	démarrage par élimination de résistances rotoriques	360, 361
Moteurs à courant continu	379	démarrage par élimination de résistances statoriques	358, 359
- abaques de sélection	384	Moteurs asynchrones : En service intermittent	363 à 367
- caractéristiques électriques	383	Moteurs asynchrones : Environnement	326
- choix de la motoventilation	384	- classe des isolants	326
- conditions d'utilisation	381	- niveau sonore	327
- conditions particulières, protections	385	<ul> <li>température et altitude de fonctionnement</li> </ul>	326
- démarche de détermination	379	- volume du local	327
- environnement	380	Moteurs asynchrones : Exemple de choix	377, 378
- exemple de choix	385		V

	Pages		Pages
Motoure gevechronge : Guidea de chaix	368	P.	
Moteurs asynchrones : Guides de choix  – moteurs monophasés		r.	
- moteurs triphasés	368, 369 370, 371		
	320	Parafoudre	255 à 260
Moteurs asynchrones : Machine entraînée  – couple résistant		Photo-coupleurs	629
- facteur de marche	322 324	Photo-transistors	629
- formes de fixation	324, 325	Planchers chauffants	200
- fréquence de rotation	324	Pneumatique (Structure générale d'une installation)	415, 416
- moment d'inertie	320	Pneumatique et hydraulique (Symboles)	40 à 46
- puissance d'entraînement	321, 322	Pointes de courant possibles en ligne	133
- service	323, 324		218
Moteurs électriques industriels	319	Pompes à chaleur	628
Moteurs monophasés (Guide de choix des)	368, 369	Ponts redresseurs moulés	
Moteurs synchrones à aimants (Moteurs sans balais)	386	Porte-fusibles	514
- abaques de résolution	390	Poste d'abonné et de livraison (Exemple)	462
- caractéristiques	389	Poste de livraison (Démarche de choix)	454
<ul> <li>concept des servomoteurs</li> </ul>	386	Poste de livraison à comptage BT	455
- exemple de choix	390	Poste de livraison à comptage HT	457
- guide de choix	388	Postes de livraison HT-BT	454
- paramètres techniques	387	- cellules ou fonctions	461
Moteurs triphasés (Guide de choix des)	370, 371	- choix de la cellule de protection du transformateur	456
Moteurs triphasés alimentés en monophasé	376	<ul> <li>détermination des caractéristiques</li> </ul>	454
Motoventilation pour moteurs à courant continu	384	- exemple d'implantation d'un poste d'abonné et de livraison HT	462
Moyenne (Mesure en valeur)	669	- poste de livraison à comptage BT	455
Multimètre avec cordons	689, 690	- poste de livraison à comptage HT	457
Multimétrie	665	- postes HT-BT	458 à 460
- analogique	665, 666	Postes HT-BT	458
- applications générant des signaux déformés	672	- bas de poteau	459
– facteur de crête	671	- haut de poteau - urbains et d'intérieurs	458
- mesure à l'aide de pinces ampèremétriques	673, 674		460
- mesure en valeur efficace	669, 670	Pouvoir de coupure d'un disjoncteur	542, 544
- mesure en valeur moyenne	669	Pressostat	561
- numérique	667, 668	Prévention des accidents électriques	55
- signaux sinusoïdaux ou déformés	670	Prévention et sécurité (Tableau U.T.E.)	56 à 59
		Prises de terre	243
		- choix de la prise de terre	245
N.		- liaisons à la terre	243
	- 1	- masses et éléments conducteurs	244
NI VÁTA MANAGORIA	0.54	- mesure de la résistance d'une prise de terre - mise à la terre de l'appareillage et des appareils	246
Niveau KÉRAUNIQUE par région	254	mise à la terre de l'apparellage et des apparells     mise à la terre des huisseries métalliques	246
Niveau sonore des moteurs	327	- nature des prises de terre	244 245
Niveaux logiques des portes	618	- prises de terre de fait	245
Normes d'électricité NFC	698	- réalisation des prises de terre	246
Normes et réglements : Chauffage domestique	204	- sections minimales conventionnelles des conducteurs de terre	245
Normes et textes réglementaires	693	Procédures de consignation	67 à 73
<ul> <li>décrets, circulaires, arrêtés, brochures, relatifs à la sécurité</li> </ul>	693 à 697	Production du froid en climatisation	224 à 228
- normes d'électricité NFC	698	Promotélec	699
		Protection (Mesures pratiques)	60
0.		Protection contre les contacts indirects	153
0.		Protection contre les courants de court-circuit	143
		Protection contre les courts circuits	508
Opérateurs logiques (Symboles)	46	Protection contre les courts circuits et les surcharges	535
Optoélectronique	629	- choix d'une protection	535
Organigrammes (Symboles et conventions)	50	- démarreur-contrôleur	541
Organismes agréés	699	- relais de protection multifonctions	538
Organismes et constructeurs (Liste des)	707 à 709	relais tripolaires de protection thermique     relais unipolaire de protection électromagnétique	536
Oscilloscope avec entrées différentielles	691		537
Oscilloscope avec pince ampèremétrique	691	Protection contre les surcharges	509
	691	Protection des composants électroniques de puissance	637 à 640
Oscilloscope avec sondes différentielles		Protection des installations électriques contre la foudre	248
Oscilloscope en classe I	688	- déconnexion des parafoudres	260
Oscilloscope en classe II	689	- différents modes de propagation	251
		- effet de la foudre	249 à 251
		<ul> <li>exemple de protection d'un bâtiment contre la foudre</li> </ul>	261, 262

	Pages		Pages
- exemple d'une gamme de parafoudre	255	Réseaux (Différents types de)	229
<ul> <li>installation des parafoudres selon les SLT</li> </ul>	257 à 259	Réseaux ETHERNET	499, 500
- les normes	253, 254	Réseaux informatiques (Les)	494
- moyens de protection	252	Résistances (Echelonnement des valeurs par décade)	626
- niveau KERAUNIQUE par région	254	Résistances de démarrage des moteurs	362
phénomènes de foudroiement     règles d'installation des parafoudres	248	Résistances thermiques des dissipateurs	657
	256	Résistivité suivant la nature du terrain	675
Protection des moteurs industriels	510		73
Protection différentielle	550	Risques électriques (Réglementation et publications)	
- conditions d'utilisation	551	Risques chimiques	695
exemple de fiche technique     sensibilité et sélectivité	551 550		
Protection du conducteur de neutre	509	S.	
Protection et amorçage des thyristors	646		
Protection mixte (Surcharges et courts circuits)	509		
Protection thermique des moteurs asynchrones	363	Salle d'eau : Equipement électrique	247
Protections collectives	66, 67	Schémas des liaisons à la terre (Exemples d'application)	112
Protections des moteurs à courant continu	385	- schéma IT neutre isolé ou impédant	116 à 118
Protections individuelles	66	- schéma TN mise au neutre	114, 115
Puissance à dissiper dans les composants électroniques	640	- schéma TT neutre à la terre	112, 113
Puissance d'un transformateur d'équipement	473, 474	Schémas des liaisons à la terre (Régimes de neutre)	95
Puissance d'un transformateur HT-BT	463, 464	- choix d'un schéma des liaisons à la terre	119 à 121
Puissance d'une installation BT	451, 452	- défauts d'isolement	96
Puissance, couple, courant, hauteur d'axe des moteurs	331, 332	- identification des SLT - influence du choix des SLT	95
Pupitres, Coffrets, Armoires	485	- mise au neutre TN	97
Tupinos. Comoto. / innoiso	100	- mise en œuvre des récepteurs particuliers	105 à 107
		- neutre à la terre TT	122 102 à 104
0	-	- neutre isolé ou impédant lT	102 à 104
Q.		- protection des personnes	98 à 101
		- réseaux à courant continu	111
Quadrants de fonctionnement des moteurs	392	Section des conducteur de neutre et de protection	160
		Section des conducteurs (Conditions économiques)	159, 160
		Section des conducteurs (Courant de court-circuit)	141 à 143
R.		Section minimale des conducteurs	140
		Section in initial des conducteurs Sectionneur pneumatique	437
			513
Radiateurs électriques	198, 199	Sectionneurs  - critères de choix	
Réalisation d'un équipement (Exemple)	36 à 39	- exemple d'application	514 514
Réceptivités (Grafcet)	601, 602	- exemple de fiche technique	514
Redressement (Tableau des courants et des tensions)	641	Sections des conducteurs (Détermination des)	129
Redresseur à diodes (Exemple)	660, 661	the state of the s	277
Redresseur contrôlé à thyristors (Exemple)	662, 663	Sécurité (Eclairage de)	
Réducteur de pression hydraulique	444	Sécurité (Les mots clefs)	307, 308
Réducteur pour micromoteurs (Guide de choix)	408	Sécurité (Normes relatives aux installations de)	308
Réflecteurs (Caractéristiques principales)	186	Sécurité dans les bâtiments	271
Réflecteurs industriels (Classe, rendement, IP)	181	Sécurité du personnel	65 à 94
	95	Sécurité incendie	285
Régimes de neutre (Voir schémas des liaisons à la terre)		- détection d'un incendie	286, 287
Règles d'installations électriques domestiques	230	- étapes de la sécurité incendie	285
Régleur de vitesse pneumatique	438	- fonction mise en sécurité	288 à 290
Régulateurs intégrés	629	Sécurité intrusion	309
Régulation en chauffage électrique	216	- analyse des risques	309
Régulation et asservissements des moteurs	392, 393	- choix des produits assurant l'anti-intrusion - la détection anti-intrusion	311
Relais auxiliaire	563		310
Relais différentiel	550	Sélectivité différentielle (Types de)	550
Relais magnétique	537	Sélectivité entre cartouches fusibles	576
Relais multifonction	538, 539	Sélectivité entre disjoncteurs	577
Relais thermique	536	Sélectivité et coordination entre appareils BT	576
Rendu des couleurs (Eclairage)	179	- coordination fusibles ou disjoncteurs/interrupteurs	578
Repérage des bornes des relais	32	- coordination fusibles/relais thermiques	578
		- exemples	578
Repérage des conducteurs	162	- filiation entre disjoncteurs	576
Repérage des schémas	33 à 39	- sélectivité entre cartouches fusibles	576
Réseau de distribution de deuxième catégorie	453	<ul> <li>sélectivité entre disjoncteurs</li> </ul>	577

	Pages		Pages
Séparation des fonctions : Installation domestique	269	- clapets de non retour	44
Séparation des sources de tension	69	- conservation de l'énergie	43
Séquences (Grafcet)	605 à 608	conservation et conditionnement de l'énergie	45
Service (Types de)	323, 324	- distribution et régulation de l'énergie	43
	323, 324	- fonctions de régulation, de mesure et d'automatisme	40
Service de marche des moteurs		mode de commande     règles d'application des symboles de commandes multiples	41
Service intermittent des moteurs	363 à 367	- sources d'énergie	42
Servomoteurs synchrones	386	- transformateur d'énergie linéaire	43
Signalisation (Unités de)	562	- transformateurs d'énergie spéciaux	43
Soins aux électrisés	93, 94	- transformation et conservation de l'énergie	42
Söllner (Abaques de)	178	Symboles : Production. Transformation. Conversion	18
Sonnerie	266	- autotransformateurs et régulateurs à induction	20
Sortance (FAN-OUT)	618	- convertisseurs de puissance	20
Sources lumineuses (Choix des)	184	- générateurs de puissance	20
Surveillance technique d'un bâtiment (Alarmes techniques)	306, 307	- indications à porter sur les symboles	21
Symboles : Appareils de mesure. Lampes et signalisation	25	- machines à courant alternatif à collecteur	18
- appareils de mesure et instruments divers	25	- machines à courant continu	18
- appareils enregistreurs	25	- machines à induction (asynchrones)	19
- appareils indicateurs	25	- machines synchrones	18
- compteurs	26	- piles et accumulateurs	20
- dispositifs de comptage	26	- transformateurs à enroulements séparés	19
<ul> <li>dispositifs de télémesure</li> </ul>	26	- transformateurs de mesure et transformateurs d'impulsions	20
- horloges électriques	26	- transformateurs et inductances (symboles généraux)	19
- lampes et dispositifs de signalisation	26, 27	- transformateurs. Diviseurs capacitifs. Variateurs. Piles	21
- thermocouples	26	- types de machines	18
Symboles : Code de désignation des couleurs (Câbles)	31	Symboles : Repérage des bornes des relais	32
Symboles : Composants passifs	16	Symboles : Repérage des schémas	33
- condensateurs	16	- appareillage, repérage des bornes	33
- inductances	17	exemple de réalisation d'un équipement	36 à 39
- résistances	16	repérage d'identification des éléments	34, 35
Symboles : Conducteurs et dispositifs de connexion	15	Symboles : Schémas architecturaux et topographiques	28
- accessoires pour câbles	16	- appareils électrodomestiques ou assimilés	31
- bornes et connexions de conducteurs	15	- canalisations préfabriquées	30
- conducteurs	15	- centrales, sous-stations, postes électriques	28
- dispositifs de connexion	15	- conducteurs et canalisations dans le bâtiment	30
Symboles : Dispositifs de commande et de protection	21	- identification de conducteurs particuliers, canalisations	28
- appareils mécaniques de connexion	22	installations d'éclairage     interrupteurs et appareils divers	29, 30
<ul> <li>auxiliaires de commande. Commutateurs</li> </ul>	24	- lignes aériennes et accessoires	29 28
- capteurs et détecteurs	24	- réseaux, lignes	28
- commutateurs multipolaires et à plusieurs directions	22	- socies de prises de courant	29
commutateurs unipolaires et interrupteurs de position	22	Symboles : Semiconducteurs	17
- contacts à deux ou trois positions	21	- diodes	17
- contacts à fonctionnement décalé	21	- dispositifs photosensibles et magnétosensibles	17
- contacts à retour automatique ou à position maintenue	21	- thyristors	17
contacts à temps spécifié (temporisés)     contacts agissant sous l'effet d'une variation de vitesse	21	- transistors	17
- contacts de passage à deux positions	22	Symboles : Télécommunications	27
- éclateurs et parafoudres	21 24	- appareils d'enregistrement et de lecture	1.
- fusibles et interrupteurs à fusibles	24	- appareils déléphoniques	27 27
- interrupteurs fonctionnant sous l'effet de la température	22	- sélecteurs	27
- relais de mesure	24	- transducteurs	27
- relais électromagnétiques de TOUT-OU-RIEN	23		
- symboles fonctionnels de démarreurs de moteur	25	Symboles des grandeurs et des unités de mesures	700 à 703
Symboles : Identification des bornes d'appareils	31	Symboles des opérateurs logiques	619
	46	Symboles électriques et conventions	13
Symboles : Opérateurs logiques  – alimentation et échappement		Symboles élémentaires électriques.	13
- entrées et sorties diverses	49	- cadres et enveloppes	13
- exemples d'éléments bistables	49	- commande par grandeurs non électriques	14
- opérateurs à retard	48	- commandes mécaniques	14
- opérateurs combinatoires élémentaires	46, 47	- dispositifs et méthodes de commande	14
- opérateurs séquentiels	48	- éléments idéaux de circuit	14
- symboles particuliers pour modules PAS A PAS	49	- nature du courant et de la tension	13
	40	- repérage des conducteurs et des bornes	15
Symboles : Pneumatique et hydraulique  – appareils de conditionnement		- sens de l'effort ou du mouvement ou de propagation	13
appareils de conditionnement     appareils de mesurage et indicateurs	45, 46	- types de matière. Effet ou dépendance. Rayonnement. Signaux	13
- appareils de réglage de la pression	46 44	Symboles et conventions pour les organigrammes	50
- appareils de réglage du débit	45	<ul> <li>exemples de traitement simplifié d'un contrôle de stock</li> </ul>	52

	Pages		Pages
- organigramme de programmation	51	U.	
- organigramme des données	50	0.	
- organigramme pour le traitement de l'information	54		
Systèmes (Commande des)	593	Unités de mesure et grandeurs (Symboles des)	700 à 70
dysternes (Commande des)	000	Utilance (Tableau)	181 à 18
т.			
		V.	
Table des matières	4 à 8		
Tableau de répartition (Installation domestique)	269	Variateur pour électrothermie résistive	406
Tachymétrie	394	Variateurs pour moteurs (Grandeurs caractéristiques)	400 à 40
Tarif EDF (BLEU, VERT, JAUNE)	581 à 586	Variateurs pour moteurs à courant alternatif	402
Tarification EDF	579	Variateurs pour moteurs à courant continu	400, 401
Teintes (Lumière)	179	VDI (Lexique de la)	506
Télérupteur	266	VDI. (Voix. Données. Images)	493
Températures extérieures de base	204	VDI. Voix. Données. Images (Règles)	503
Températures intérieures de base	204	- câblage et règles de pose	504
Tensions de sécurité	61	caractéristiques d'une installation de qualité	503
Terre (Mesure de)	675 à 679	- catégories - conseils d'installation	503 505
Textes réglementaires et normes	693	- lexique de la VDI	506
Thyristors (Choix des)	643 à 646	Vérification d'absence de tension	70
Thyristors GTO (Choix des)	649		43
Timer (NE 555)	631	Vérins (Symboles)	439
Titre d'habilitation	83	Vérins électriques  – guide de choix	440 à 44
Topologie des réseaux (VDI)	494, 495	présentation et choix	439
	475		443
Transformateur BT : Chute de tension	473, 474	Vérins hydrauliques  - accessoires hydrauliques	444
Transformateur d'équipement de machines-outils		- centrale hydraulique	443
Transformateurs	463	- distributeur hydraulique	445, 446
Transformateurs BT : Questions	471, 472	- vérins hydrauliques	446 à 44
Transformateurs d'impulsions	630	Vérins hydrauliques (Détermination)	446 à 44
Transformateurs HT et BT : Guide de choix	476 à 483	Vérins pneumatiques	415
Transformateurs HT-BT : Couplage	468	- abaques de choix du KV	429
<ul> <li>couplages normalisés U.T.E</li> <li>désignation des couplages</li> </ul>	468	- amortissement des vérins	419
- détermination de l'indice horaire	468 468	- branchement	416
Transformateurs HT-BT : Critères de choix	463	caractéristiques des distributeurs	426
- coefficient d'utilisation	464	- caractéristiques des électrovannes	431, 432
- charges cumulées par famille de récepteurs	465	- choix de la taille des distributeurs - choix des distributeurs en fonction de la sécurité	430
- coefficient de simultanéité	465	- choix d'un détecteur pneumatique	433, 434
- cycles d'utilisation	466, 467	- courses normalisées recommandées	419
<ul> <li>détermination de la puissance de la batterie de condensateurs</li> </ul>	463	- démarche de détermination d'un vérin	417
- détermination de la puissance du transformateur	463, 464	<ul> <li>détermination d'un diamètre de vérin</li> </ul>	418
- estimations de puissances installées	464	- exemple de choix des composants pneumatiques	435, 436
puissance de la batterie de condensateurs	465	- guide de choix d'un vérin pneumatique	420 à 42
- température ambiante	465	<ul> <li>structure générale d'une installation pneumatique</li> </ul>	415, 416
Transformateurs HT-BT : Installation	469, 470	Voix. Données. Images (VDI)	493
Transformateurs HT-BT : Protection	470	Volets roulants (Commande de)	266
Transistors (Choix des)	650, 651	Volumes (Salle d'eau)	247
Transistors de commutation et à usage général	629	Voyants lumineux	562
Transitions et liaisons orientées (Grafcet)	600, 601	Voyants lumineux (Choix des couleurs)	563
Transmission, commande et détection (Sécurité)	312, 313		100
Travaux au voisinage de pièces nues sous tension	79, 80		
Travaux d'ordre électrique	79	Z.	
Travaux hors tension	67 à 73		
Travaux sous tension	65 à 67	7/ (0)-1-1	000
Triacs (Choix des)	647, 648	Zéner (Diodes)	628
	190	Zone climatique d'hiver de chaque département	204
Tubes d'éclairage	190	_ " " '	001
Tubes d'éclairage Types de service des moteurs électriques	323, 324	Zones climatiques (Réglementation)	204

# memotechius

# CODE DES COULEURS

